

# LIS - Berichte

**Nr. 68**

Erprobung des Schwebstaub-  
meßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h  
für die automatisierte  
Immissionsmessung

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1986

ISSN 0720-8499

Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes  
FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automa-  
tisierte Immissionsmessung

Dr. Horst Manns und Hermann Gies

Kurzfassung zum  
 Ergebnis der Eignungsprüfung nach den Mindestanforderungen.  
 Erprobungsbericht der LIS, Essen 1985

Prüfling: Staubmeßgerät FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h geregelt  
 Gerät Nr. 296 mit Strahler Nr. 1124, Tischgerät

IW 1: 150 µg/m<sup>3</sup>

IW 2: 300 µg/m<sup>3</sup>

1.1.5	Justierung der Meß- geräte	gesichert gegen un- beabsichtigtes Ver- stellen	gut gesicherte Bedienelemente	+
1.1.6	Lage des Meßsignal- nullpunktes	lebender Nullpunkt	nein, Null- punktsanhebung	+
1.1.7	Nachweisgrenze	≤ 0,1 IW1	10 µg	+
1.1.8	Meßbereichsendwert	≥ 2 x IW2 + Spitzen- belastungen	2,4 mg	+
1.1.9	Reproduzierbarkeit	10	(VDI 2463,5)	+
1.1.10	Umgebungstemperatur- änderung Nullpunkt	bei 10 K = 2 % vom IW2	0 %	+
1.1.11	Umgebungstemperatur- änderung Empfind- lichkeit	bei 10 K = 2 % der Empfindlichkeit bei 293 K	0 %	+
1.1.12	Meßguttemperatur/ Änderung Nullpunkt	von 253 K bis 313 K ≤ 2 % vom IW2	siehe Text	
1.1.13	Meßguttemperatur/ Änderung Empfind- lichkeit	von 253 K bis 313 K ≤ 2 % der Empfind- lichkeit bei 273 K	siehe Text	

1.1.14	Nullpunktsdrift in 24 Stunden	$\leq 2 \%$ vom IW2	+ 0,1 %	+
	Nullpunktsdrift in 30 Tagen	$\leq 10 \%$ vom IW2	entfällt	
	Nullpunktsdrift in 1 Stunde	$\leq$ Nachweisgrenze	0	+
1.1.15	Empfindlichkeits- drift in 24 Stunden	$\leq 2 \%$ der Empfind- lichkeit	0 %	+
	Empfindlichkeits- drift in 30 Tagen	$\leq 10 \%$ der Empfind- lichkeit	entfällt	
	Empfindlichkeits- drift in 1 Stunde	$\leq$ Nachweisgrenze	0	+
1.1.16	Wartungsintervall		$\gg 30$ Tage	+
1.1.17	Netzspannungs- schwankungen		siehe Text, ungepuffert	+
1.1.18	Meßsignalausgang	0 - 20 mA an der Seitenwand	Anzeige frontseitig	
1.2.1	Statussignale/ Telemetrie	Überwachung der Gerätefunktion	ja/nein	+
1.2.2	Umschaltung/ Telemetrie	Messen/Kalibrieren	nein, siehe Text	-
1.2.3	Verfügbarkeit	$\geq 80 \%$	$> 99 \%$	+
1.2.4	Kalibrierzeit (1 Punkt)	$\leq 0,05$ Meßzeit 30 Minuten 24 Stunden	entfällt entfällt	

1.4.4	Einstellzeit (90 %)	$\leq 180 \text{ s}$	siehe Text	
1.4.5	Undichtigkeit	$\leq 5 \%$	siehe Text	
1.5.1	Analysenfunktion	$x = by + a$	$0,022y+0,161$	+
1.5.2	Querempfindlichkeit Wasserdampf	$\leq 6 \%$ vom IW2 bei Änderung um 45 % RF	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	+
1.5.3	Integrationszeit	Bildung von 24- Stundenmittelwerten	ja	+

## I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

## Z u s a m m e n f a s s u n g

## S u m m a r y

1. E i n l e i t u n g
2. M e ß p l a t z " S c h w e b s t o f f e " i n a u t o m a t i -  
s i e r t e n M e ß s t a t i o n e n
  - 2.1. M e ß p l a t z a u f b a u
  - 2.2. B e s c h r e i b u n g d e s M e ß g e r ä t e s
3. E x p e r i m e n t e u n d P r ü f p u n k t e
  - 3.1. K a l i b r i e r u n g
    - 3.1.1. R a d i o m e t r i s c h e A n z e i g e
    - 3.1.2. P r o b e v o l u m e n
  - 3.2. N a c h w e i s g r e n z e
  - 3.3. M e ß b e r e i c h s e n d w e r t
  - 3.4. J u s t i e r u n g e n
  - 3.5. L a g e d e s M e ß s i g n a l - N u l l p u n k t e s
  - 3.6. R e p r o d u z i e r b a r k e i t
  - 3.7. E i n f l u ß d e r U m g e b u n g s t e m p e r a t u r u n d - f e u c h t e a u f d i e E m p f i n d l i c h -  
k e i t u n d d i e L a g e d e s N u l l p u n k t e s
  - 3.8. E i n f l u ß d e r M e ß g u t t e m p e r a t u r u n d - f e u c h t e a u f N u l l p u n k t u n d E m p -  
f i n d l i c h k e i t
    - 3.8.1. F e u c h t e e i n f l u ß d e r M e ß l u f t a u f d e n M e ß w e r t
  - 3.9. S t a b i l i t ä t v o n N u l l p u n k t u n d E m p f i n d l i c h k e i t
  - 3.10. W e i t e r e K e n n d a t e n
    - 3.10.1. W a r t u n g s i n t e r v a l l
    - 3.10.2. N e t z s p a n n u n g s s c h w a n k u n g e n
    - 3.10.3. M e ß s i g n a l a u s g a n g
    - 3.10.4. S t a t u s s i g n a l e / T e l e m e t r i e / U m s c h a l t u n g
    - 3.10.5. V e r f ü g b a r k e i t
    - 3.10.6. E i n s t e l l z e i t
    - 3.10.7. U n d i c h t i g k e i t
    - 3.10.8. I n t e g r a t i o n s z e i t
  - 3.11. Q u e r e m p f i n d l i c h k e i t e n
  - 3.12. S i n n v o l l e P r o b e n a h m e z e i t e n
4. S c h l u ß b e m e r k u n g
5. S c h r i f t t u m
6. B i l d a n h a n g

ERPROBUNG DES SCHWEBSTAUBMEßGERÄTES FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h FÜR DIE AUTOMATISIERTE  
IMMISSIONSMESSUNG

Dr. Horst Manns und Hermann Gies

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird über die Erprobung des automatisierten Staubkonzentrationsmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h der Firma FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA, System Frieeseke & Hoepfner, berichtet.

Die Stabilität des geregelten Probeluft-Volumenstromes wurde mit Hilfe einer kontinuierlichen Sauerstoffmessung bestätigt. Neben eingehenden Untersuchungen zum Temperatur- und Feuchteeinfluß auf das Meßergebnis werden auch die Kalibrierung sowie eine Reihe weiterer Kenndaten beschrieben. Das Meßgerät eignet sich, ebenso wie das typgleiche Gerät mit einem Volumenstrom von 1 m<sup>3</sup>/h, für den Betrieb in automatisierten Meßstationen zur Echtzeit-Überwachung der Schwebstoffimmissionen insbesondere auch in Smog-Situationen. Sinnvolle Probenahmezeiten werden diskutiert.

RESULTS OF FIELDTESTS WITH THE AUTOMATED DUST-CONCENTRATION MONITOR  
FH 62 I 3 M<sup>3</sup>/H

S u m m a r y

Results of testing the automated dust-concentration monitor FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h (System Frieeseke & Hoepfner) are reported. The monitor will be supplied by FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA.

The stability of the regulation for the air sampling system was attested in measuring continuously an oxygen concentration. In addition to the detailed experiments on the influence of temperature and humidity on the measuring results, the calibration and other characteristics are reported. The instrument is suitable, like the same typ with an air sampling stream of 1 m<sup>3</sup>/h, for operation in monitoring stations for the real-time surveillance of suspended particulates in ambient air, especially in smog situations. The usefulness of short time sampling is discussed.

## 1. Einleitung

Das Staubmeßgerät FH 62 I mit einem geregeltem Volumenstrom von 3 m<sup>3</sup>/h wurde einer Erprobung in der LIS unterworfen. Der Prüfling wies gegenüber einem ähnlichen Gerätetyp einer vorausgegangenen Erprobung (siehe LIS-Bericht Nr. 11 [1]) neben einem erhöhten Volumenstrom auch Verbesserungen in der Signalverarbeitung auf. Probengaswege und die Meßkammern, der Beta-Strahler sowie die Anordnung des Beta-Strahlers zu den Ionisationskammern sind, wie auch der restliche Aufbau, identisch mit dem Prüfling in [1].

Die Bewertung der Prüfergebnisse wird auch nach den "Mindestanforderungen an kontinuierlich arbeitende Immissionsmeßgeräte bei der Eignungsprüfung" vorgenommen, die abgefaßt sind in der "Bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Immissionen" in den "Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen" [5]. Hinweise auf diese Mindestanforderungen werden im Text gegeben.

Die Durchführung der Prüfung schließt die Vorgaben aus dem "Prüfplan für die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen" [11] ein, wobei sachgerechte Anpassungen für die Komponente Schwebstaub berücksichtigt werden.

## 2. Meßplatz "Schwebstoffe" in automatisierten Meßstationen

### 2.1. Meßplatzaufbau

Der Meßplatz "Schwebstoffe" in automatisierten Meßstationen zur Überwachung und Registrierung der Immissionsbelastung durch die Masse an "Schwebstoffen" läßt sich unabhängig von einer Spezifizierung der Meßaufgabe in zwei Abschnitte teilen, die über eine Schnittstelle verbunden sind (s. Abbildung 2-1 im Anhang). Diese Abschnitte sind

- a) das Probenahmesystem für Schwebstoffmeßplätze (PNS) und
- b) das Meßgerät mit der Signalausgabe.

Das Probenahmesystem dient zur Entnahme der Probeluft aus der Außenluft und der Zuleitung zum Meßgerät. Es endet an einer Schnittstelle zum Meßgerät innerhalb der Meßstation. Die Abmessungen des Probenahmesystems und dessen Betriebsparameter können einen entscheidenden Einfluß auf die Erfassung der Partikeln ausüben und somit maßgeblich das mit einem stationären Schwebstoffmeßplatz zu überwachende Meßobjekt bestimmen. Um zu einer Vergleichbarkeit der Meßdaten aus stationären Messungen zu kommen, setzt die LIS ein Probenahmesystem ein, wie es in der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 5 [2] beschrieben ist. Dieses Probenahmesystem entspricht der Empfehlung für ein Probenahmesystem in den Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatisierter Meßstationen in telemetrischen Immissionsmeßnetzen nach der bundeseinheitlichen

Praxis für die Überwachung der Emissionen und der Immissionen [3].

Innerhalb der Meßstation übernimmt das Meßgerät an der Schnittstelle die Probeluft aus dem Probenahmesystem. Mit dieser Schnittstelle in der Probeluftzuführung können die Einflüsse des Probenahmesystems und die Kenndaten der daran anzuschließenden Meßgeräte getrennt ermittelt werden, wobei die Beurteilung des Meßgerätes unabhängig von den Einflüssen des Probenahmesystems erfolgen soll. Die Beurteilung eines stationären Schwebstoffmeßplatzes schließt jedoch beide Meßplatzabschnitte ein.

## 2.2. Beschreibung des Meßgerätes

Nachdem die zu untersuchende Luft an der Schnittstelle (s. Abbildung 2-2 im Anhang) vom Probenahmesystem in den Probengaseinlaß des Meßgerätes übergeleitet worden ist, gelangt sie über zwei leichte Krümmungen des Probeluftweges zu einem als Partikelabscheider dienenden Filterband.

Zwischendem Filterband und einer für den Saugbetrieb installierten geregelten Pumpe ist eine Volumenstromkontrolle eingebaut. Die Probeluftpumpe wird außerhalb des Gerätegehäuses betrieben.

Eine Beta-Strahlenquelle (Krypton-85, 50mCi, s. Abbildung 2-3 im Anhang) ist so angeordnet, daß ein Strahlenbündel über eine mit Luft gefüllte Vergleichs- und Kompensationskammer auf eine Ionisationskammer trifft, während ein zweites Strahlenbündel die Meß- und Abscheidekammer durchläuft und danach, zusätzlich abgeschwächt durch die im Strahlengang befindliche Filter- und Partikelmasse, die Ionisationskammer erreicht. Die in den Ionisationskammern erzeugten Ionisationsströme werden in der Meßsignalverarbeitung in ein Meßsignal umgesetzt und als Differenzmeßwert einem Anzeigeinstrument bzw. Registrierschreiber kontinuierlich angeboten.

Als Beispiel soll hier der Ablauf einer Messung mit vorgegebenen Zeitintervallen für die Probenahme als eine von mehreren Betriebsvarianten einer Staubbemessung beschrieben werden. Ein Meßzyklus innerhalb einer Meßserie beginnt mit dem Filterwechsel durch Transport des Filterbandes und einem anschließenden automatischen Nullabgleich beider Ionisationskammerströme. Mit Beginn des Nullabgleiches setzt die Probeluftförderung ein. Nach etwa vier Minuten wird dieser Vorgang beendet und durch Anzeige/Ausgabe des Meßsignals in den Meß- und Sammelvorgang übergeleitet. Durch die nun stetig zunehmende Partikelabscheidung auf dem Filter erfolgt in Abhängigkeit von der Beta-Strahlenabschwächung eine Verstimmung des Abgleichs der Ionisationskammerströme. Das kontinuierlich ausgegebene Meßsignal ergibt auf einem Registrierschreiber eine stetig steigende Kurve bis zum Ende des Meßzyklus. Das Ende des Meßzykluses ist mit dem Abschalten der Probeluftpumpe sowie der Meßsignalausgabe und gleichzeitigem Start zum Filterwechsel gegeben.

Dieses Meßprinzip läßt grundsätzlich zu jeder Zeit die Ermittlung der mittleren Partikelkonzentration in der Probeluft über ein bestimmtes zurückliegendes

Zeitintervall zu, wobei die maximale Meßzykluszeit über einen abgestuften Zeitschalter von 10 Minuten bis 24 Stunden vorwählbar ist. Die Meßzykluszeit wird jedoch verkürzt beim Erreichen einer Beladungsobergrenze des Filters, die bis zu einer Masse von 2,4 mg einstellbar ist. Eine gleichbleibende Partikelmassenkonzentration innerhalb eines beliebigen Meßzyklus (s. Abbildung 2-4) führt auf einem Registrierstreifen zu einer Geraden (G) mit einer bestimmten Steigung. Eine Änderung der Partikelmassenkonzentration würde eine Steigungsänderung (L) dieser Registrierkurve hervorrufen. Die laufende Meßwertregistrierung enthält somit zusätzlich Informationen über die zeitliche Änderung der Staubbelastung. Bei entsprechender Verarbeitung der gewonnenen Daten ist eine Echtzeitausgabe des Trends von Staubkonzentrationsmeßwerten möglich.

Die Massenbestimmung erfolgt über die Beta-Strahlenabsorption, wobei der Meßbereich des Gerätes vom Hersteller auf eine Massendifferenz zwischen unbelegtem Filter und maximal belegtem Filter von 2,4 mg eingestellt ist. Der Konzentrationsmeßbereich ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) jedoch umfaßt aufgrund der variablen Betriebsweise einen weiten, auch für die Überwachung hoher Schwebstaubimmissionen völlig ausreichenden Konzentrationsbereich. Die Kalibrierung muß von jedem Anwender mit dem tatsächlich zu sammelnden Meßobjekt vorgenommen werden.

Die Volumenbestimmung basiert auf der Einhaltung eines konstanten Probeluftvolumenstromes, so daß aus einem abgelaufenen Probenahmezeitraum das Probeluftvolumen errechnet werden kann. Die Volumen- oder die Volumenstrombestimmung der Probeluftförderung muß durch den Anwender in periodischen Zeitabständen erfolgen. Das Sollprobenvolumen beträgt  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  Luft. Abweichungen von  $- 5 \%$  im Volumenstrom werden von einer Volumenstromkontrolle angezeigt und lösen einen Filterwechsel aus.

### 3. Experimente und Prüfpunkte

Die Meßsignale des Prüflings wurden bei allen Versuchen dieses Berichtes auf einem zum Prüfling gehörenden Schreiber vom Typ Metrawatt LC-120 Kl. 05 mit einer Registrierbreite von 120 mm für die Massen von 0 bis 2,4 mg (0 - 20 mA) aufgezeichnet. Um Driften am Nullpunkt verfolgen zu können, wurde bei allen Messungen der Meßsignal-Nullpunkt auf 24 mm (20 % der maximalen Registrierhöhe) angehoben. Dadurch verschiebt sich der registrierte Meßbereich und es können noch Staubmengen von 0 bis 1,92 mg abgelesen werden. Der theoretische Faktor zur Umrechnung der Signalthöhe auf dem Schreiber in Masse bleibt bei  $20 \mu\text{g}/\text{mm}$ !

Soweit in diesem Bericht im Zusammenhang mit der Signalregistrierung von Skalenteilen die Rede ist, gilt die Beziehung  $120 \text{ mm} = 100 \text{ Skalenteile}$ .

#### Klimakammer:

Die bei den Experimenten für diesen Bericht eingesetzte Klimakammer vom Typ 1000 AB/10J der Firma Weiß, Gießen, hat ein Nutzvolumen von  $1,1 \text{ m}^3$  bei Abmessungen von  $1020 \times 1020 \times 1070 \text{ mm}$ . Der Arbeitsbereich für die Temperatur umfaßt  $50 \text{ K}$  im Bereich von etwa  $0 - 50^\circ\text{C}$ . Die Umgebungsluft im Arbeitsvolumen läßt

sich umwälzen. Den Prüflingen können Betriebsmittel und Prüfgase von außen zugeführt werden.

### 3.1. Kalibrierung - Versuchsdurchführung -

#### - Punkt 1.5.1. der Mindestanforderung -

Der Prüfling soll eingesetzt werden für die Ermittlung der Schwebstaubmassenkonzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Daher muß einerseits ein Bezug zwischen der abgeschiedenen Staubmasse und dem Signalstrom, der aus der Abschwächung der  $\beta$ -Strahlen durch den abgeschiedenen Staub hergeleitet wird, hergestellt werden. Andererseits muß das Probeluftvolumen bekannt sein, aus dem der Staub abgeschieden wird. Bedingt durch den kontinuierlichen Meßbetrieb kann statt einer Volumenummessung das Probevolumen aus der gemessenen Probenahmezeit errechnet werden, sofern während der Probenahmezeit der Probeluftvolumenstrom konstant innerhalb vorzugebender Grenzen bleibt. Es wurde daher in dieser Prüfung sowohl eine Kalibrierung der radiometrischen Anzeige vorgenommen als auch die Kennlinie der geregelten Probeluftförderung aufgenommen.

#### 3.1.1. Radiometrische Anzeige

Zur Kalibrierung des Prüflings wurde eine Beziehung zwischen der radiometrischen Anzeige der Staubmasse und der durch Wägung von Einzelfilterabschnitten ermittelten Staubmasse hergeleitet. Dazu wurde ein etwa 7 - 8 cm langer Streifen des Filterbandes wie ein Einzelfilter eines diskontinuierlichen Staubsammlers behandelt, indem der Filterabschnitt nach vorausgehender Konditionierung durch Aufbewahrung im Exsikkator über Kieselgel (etwa 24 Std.) und Exposition von 30 - 60 Min. im klimatisierten Wägeraum auf der Mikrowaage tariert wurde. Das tarierte Filterstück wurde von Hand in die Bestäubungskammer des Staubmeßgerätes eingelegt, mit Staub beladen und sodann nach der beschriebenen Prozedur für die Auswaage der Staubmasse vorbereitet. Über Ausgleichsrechnungen wurden die Ergebnisse der gravimetrischen und radiometrischen Messungen in Beziehung gesetzt.

Für diese Kalibrierung wurde das Meßgerät in einer Technikumshalle der LIS betrieben. Während der Staubprobenahme war der Einfluß von Staubemittenten ausgeschlossen. Die Halle wurde mit Außenluft belüftet, so daß der auf den Staubfiltern gesammelte Staub in etwa dem Außenluftstaub entsprach. Der Prüfling wurde ohne jegliche Heizung des Probenahmesystems betrieben. Bedingt durch die Position des Prüflings im Versuchsfeld bestanden bei diesem Versuch keine Differenzen zwischen der Temperatur und der Feuchte der Umgebung des Prüflings und der Probeluft.

Die Tabelle 3.1.1-1 gibt die gefundenen Kalibrierwerte wieder.

Tabelle 3.1.1.-1: Kalibrierung der radiometrischen Anzeige

	Waage mg	Anzeige rad. mm	Analysenfaktor mg/Skt.
1	1,370	61,0	0,02695
2	1,450	68,0	0,02559
3	0,959	47,0	0,02449
4	0,962	43,0	0,02685
5	0,800	35,0	0,02743
6	1,187	52,0	0,02739
7	0,854	34,0	0,03014
8	0,739	31,5	0,02815
9	1,290	58,0	0,02669
10	1,794	99,5	0,02164
11	1,290	58,0	0,02669
12	0,262	14,5	0,02168
13	0,687	30,0	0,02748
14	0,576	25,0	0,02765
15	0,955	42,0	0,02729
$\bar{x}$ :	1,012	46,6	0,02641
$S_w$ :	$\pm$ 0,390	$\pm$ 20,8	$\pm$ 0,00228
Vk:	39 %	45 %	10 %

Beispiel:

Soll: 100 Skt. = 2400  $\mu$ g in 24 h (72 m<sup>3</sup>) : 33,3  $\mu$ g/m<sup>3</sup>

Ist: 100 Skt. = 2641  $\mu$ g in 24 h (72 m<sup>3</sup>) : 36,7  $\mu$ g/m<sup>3</sup>

Differenz des Kalibrierfaktors zum Soll: + 10,2 %

$\bar{x}$  : Mittelwert

$S_w$  : Wiederholstandardabweichung

Vk: Variationskoeffizient

Bei der radiometrischen Staubmassenbestimmung obliegt es dem jeweiligen Anwender dieses Meßverfahrens, wie übrigens bei jedem anderen Meßverfahren auch, die Kalibrierung selbst durchzuführen. Wegen der speziellen Probleme der radiometrischen Massenbestimmung muß die Kalibrierung jeweils mit dem Staub vorgenommen werden, wie er am Meßort anfällt. Das vom Hersteller angegebene Massenäquivalent von 2,4 mg für den Meßbereichsendwert darf hier nur als Justierung des Gerätes aufgefaßt werden. Im vorliegenden Beispiel wurde mit dem an der Meßstelle vorliegenden Staub für den Meßbereichsendwert ein Massenäquivalent von 2,641 mg ermittelt. Der mit Quarzstaub ermittelte Justagewert von 2,4 mg hingegen lag hier zufällig 10,2 % unter dem Testwert.

### 3.1.2. Probenvolumen

Das Probenvolumen wird beim Prüfling ermittelt aus dem Produkt aus Probenahmezeit und dem Volumenstrom, der über den Staubfilter geflossen ist. Daher besitzt der Prüfling eine geregelte Pumpe vom Typ VT6, deren Sollvolumenstrom bei 3 m<sup>3</sup>/h eingestellt wurde. Eine Volumenstromkontrolle, bestehend aus Unterdruckdosen, prüft kontinuierlich die auf Einhaltung des Volumenstromes im Arbeitsbereich. Zu Beginn der Testreihe löste das geprüfte Gerät bei 400 mbar einen Filterwechsel aus. Diese Schwelle für einen selbsttätigen Filterwechsel soll vermeiden, daß der Volumenstrom unter 95 % des Sollwertes sinkt (siehe auch Seite 19).

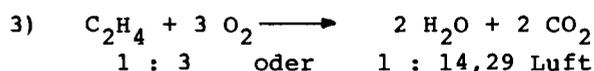
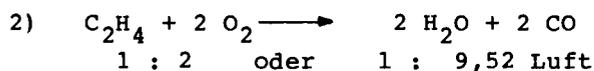
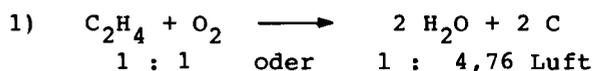
#### 3.1.2.1. Versuchsaufbau und Durchführung

Der Prüfling wird an einer Probeluftverteilerleitung angeschlossen, über die er Prüfaerosole zugeführt bekommt. Als Prüfaerosol wird ein Rußaerosol angeboten. Der Volumenstrom des Prüflings wird kontinuierlich durch Sauerstoffmessung verfolgt und registriert.

##### 3.1.2.1.1. Rußaerosolerzeugung

In einem Glasrohr wird Ethen mit Luft verbrannt (s. Abbildung 3.1.2-1 im Anhang). Die Verbrennungsluft wird mit Hilfe einer Lochblende (20/1) und einem konstanten Druck von 0,3 bar auf 20 l/h eingestellt. Durch Variieren der Ethenmenge kann eine nahezu rußfreie bis stark rußende Flamme erzeugt werden.

Folgende Verbrennungsvorgänge sind möglich:



Das Verbrennungsrohr ist gemäß Abbildung 3.1.2.-1 in einem Duran-Glasrohr untergebracht, in dem es von einem Luftstrom umspült wird. Dieser Luftstrom, er beträgt in unserem Fall  $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ , verdünnt die Verbrennungsabgase und transportiert diese mit dem Ruß in die Dosierstrecke der Probenluftverteilerleitung, wo sie auf etwa  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  weiterverdünnt wird.

Der an der Probeluft-Verteilerleitung installierte Prüfling war zum Zeitpunkt dieser Prüfung so eingestellt, daß bei 400 mbar Unterdruck selbsttätig ein Filterwechsel und eine anschließende Nullpunkteinstellung ausgelöst wurde (vgl. S. 17).

Der Prüfstaub aus frischem Ethenruß kann den Filter in sehr kurzer Zeit verstopfen, so daß ein Filterwechsel durch die Volumenstromkontrolle ausgelöst werden muß. Die innerhalb dieser Zeit auf dem Filter abgeschiedene Partikelmasse ist so gering, daß die radiometrische Massenanzeige unterhalb von  $0,5 \text{ mm}$  verbleibt, das heißt, ein Meßwert ist nicht erkennbar. Dennoch ist eine Grau- bis Schwarzfärbung auf dem Filterband sichtbar.

Die bei diesen Verbrennungsvorgängen entstehenden Rußpartikel haben eine Teilchengröße, die zwischen  $0,01$  und  $0,1 \text{ }\mu\text{m}$  liegt. Durch Koagulations- und Kondensationsvorgänge wächst innerhalb von Minuten bis Stunden die Partikelgröße auf  $0,1$  bis  $1 \text{ }\mu\text{m}$  an. Da die Verweilzeit in der Probeluft-Verteilerleitung jedoch nur wenige Sekunden beträgt, ist eine wesentliche Vergrößerung der Rußpartikel hier nicht zu erwarten. Aus diesem Grunde ist dieser Ruß als Testaerosol nicht geeignet, wenn größere Partikel erforderlich sind. Zur Ermittlung der Abhängigkeit des Gasdurchflusses vom Filterwiderstand läßt sich dieses Aerosol jedoch vorzüglich verwenden, wenn es in geeigneter Weise verdünnt wird. Die Rußverdünnung wird so gewählt, daß die Zeit zwischen den Filterwechseln etwa 25 - 40 Minuten beträgt.

#### 3.1.2.1.2. Volumenstrombestimmung durch Sauerstoffmessung

Der Gasdurchfluß wird nach einer Sauerstoffaufstockung im Meßgas indirekt über eine Sauerstoffbestimmung [4] ermittelt. Dazu wird in die Probeluftansaugung des Prüflings ein konstanter Volumenstrom reinen Sauerstoffs eingespeist. Aus den veränderten Sauerstoffgehalten des Meßgases, gemessen am Ausstoß der Meßgaspumpe, läßt sich der Volumenstrom ermitteln. Die gleichzeitige Messung des Unterdrucks hinter dem Filter im Prüfling und vor der Pumpe erlaubt nun die Darstellung der Abhängigkeit des Volumenstromes vom Filterwiderstand.

In Abbildung 3.1.2.-2 ist die Kennlinie der geregelten VT6 Pumpe dargestellt. Statt des Filters und seiner kontinuierlichen Belegung wurde hier ein regelbarer Strömungswiderstand eingesetzt. Es ist ersichtlich, daß mit zunehmendem Unterdruck der Volumenstrom zunächst ansteigt. Er erreicht bei einem Unterdruck von 200 mbar eine mittlere Erhöhung von 2 % und bei 350 mbar eine Erhöhung um 3 %. Danach fällt der Volumenstrom bei weiter steigendem Unterdruck stark ab und erreicht bei 400 mbar einen Volumendurchsatz von 92,5 %. Diese Beobachtung trifft sowohl für die geregelte Pumpe als auch für den vollständigen Meßplatz

zu. Der Schaltpunkt für den Filterwechsel ist demnach falsch eingestellt (vgl. Abschn. 3.1.2). Die Abnahme des Volumenstromes um mehr als 5 % kann hier nur vermieden werden, wenn der Schaltpunkt in der Volumenstromkontrolle auf 350 mbar gesenkt wird (s. Abb. 3.1.2.-4 im Anhang). Der Prüfling wurde zur Neueinstellung an den Hersteller zurückgegeben.

Nach der Korrektur des Schaltpunktes auf 350 mbar wird die Volumenstromkonstanz innerhalb des Regelbereiches beständig erreicht.

### 3.1.3. Kalibrierzeit

#### - Punkt 1.2.4. der Mindestanforderung -

Eine Grundkalibrierung des Meßgerätes nach der Methode der Wägung von Einzelfilterbandabschnitten führt nicht zum Ausfall von Meßwerten. Die Übertragung der Grundkalibrierung auf sogenannte Kalibrierfolien als Transferstandard läßt eine reproduzierbare Rekalibrierung des Meßgerätes zu. Die Rekalibrierung stellt zugleich eine Funktionsprüfung der Beta-Strahlen-Absorptionsmessung dar. Eine Wiederholung der Rekalibrierung in Abständen von 3 bis 6 Monaten bei kontinuierlichem Betrieb des Meßgerätes ist sinnvoll. Der Zeitbedarf für diese Arbeiten mit 3 Kalibrierfolien im Sinne einer 3-Punkt-Kalibrierung beträgt etwa 1 Stunde.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.2. Nachweisgrenze

#### - Punkt 1.1.7. der Mindestanforderung -

Für den Meßbereich der Schwebstaubmasse werden im folgenden zwei Betrachtungen zur Nachweisgrenze dargelegt.

#### Fall 1:

Zum sogenannten Nullluftexperiment werden die Ergebnisse aus Tabelle 3.9-2 über die Stabilität des Nullpunktes herangezogen. Aus den Versuchen 1 bis 3 mit etwa je 20 Einzelwerten wird die mittlere monotone Drift des Nullpunkts von 20,9 µg pro Tag mit einer gemittelten Streuung (Kurzzeitdrift) von 4,8 µg gefunden. Die daraus zu errechnende Nachweisgrenze als mittlerer Nullwert plus der dreifachen Streuung beträgt 35,4 µg.

## Fall 2:

Die zweite Betrachtung stützt sich auf die manuelle Auswertung des Schreiberstreifens über eine Zeitspanne des Nullluftexperimentes von jeweils 3 Std. Die Meßdaten werden nach graphischer Mittelung der aufgezeichneten Meßsignale abgelesen. Wegen der Konstanz des Meßsignales werden Abweichungen überwiegend mit den Werten 0 mm oder 0,5 mm gefunden. Da als unterste Grenze der Auflösung zwischen zwei Punkten bei dieser Art der Auswertung hier eine Entfernung von 0,5 mm angenommen wird, kann durch diese Klassierung des analogen Meßsignales die sich somit ergebende Klassengrenze von der ersten zur zweiten Klasse als Nachweisgrenze [10] betrachtet werden. Im vorliegenden Meßbereich entsprechen 0,5 mm der Schwebstaubmasse von 10 µg.

Die Angabe der relativen Nachweisgrenze setzt die Festlegung des Bezugsvolumens voraus, welches im Zeitraum der Probenahme (oder zutreffender: im Zeitabschnitt der Signalauswertung) gefördert wird. In der Tabelle 3.2-1 sind Beispielsrechnungen für die relative Nachweisgrenze aufgeführt. Ob die Anwendung dieser niedrigen Nachweisgrenzen für Schwebstaubimmissionsmessungen mit diesem Meßverfahren sinnvoll ist, wird im Kapitel 3.12 "Sinnvolle Probenahmezeiten" diskutiert.

Tabelle 3.2-1: Relative Nachweisgrenze  $\underline{C}$  in µg/m<sup>3</sup>

Probenahmezeit h	Volumen m <sup>3</sup>	Fall 1 $\underline{C}$	Fall 2 $\underline{C}$
0,5	1,5	23,6	6,7
1	3	11,8	3,3
3	9	3,9	1,1
24	72	0,5	0,1

## 3.3. Meßbereichsendwert

- Punkt 1.1.8. der Mindestanforderung -

Die Eigensteuerung des Prüflings für den Filterwechsel über den Maximumkontakt führt zu einem "flexiblen Meßbereich" durch häufigeren Filterwechsel, der z.B. bei einer Konzentration von 4,8 mg/m<sup>3</sup> - unter der Annahme gleichbleibender Staubbelastung - bei 3 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom im Abstand von 10 Minuten erfolgt. Eine weitere Ausdehnung des Meßbereiches kann einmal erreicht werden durch Verringerung des Volumenstromes oder auch durch Abschaltung der Probeluftförde-

rung während des Nullabgleiches. Eine derartige Schaltung ist als Option erhältlich; sie war im Prüfling nicht eingebaut.

Gemessen an normalen Immissionsbelastungen von 0,05 bis 0,2 m/m<sup>3</sup> ist dies ein außerordentlich großer Meßbereich. Dennoch soll hier bei der "verbundenen Größe" Konzentration nicht der Eindruck erweckt werden, als würde im normalen Meßbetrieb ständig an der unteren Grenze des Meßbereiches gemessen werden. Um dieses zu verdeutlichen, sei noch einmal auf die Arbeitsweise des Meßgerätes eingegangen, welches bei konstantem Volumenstrom eine auf einem Filter abgeschiedene Staubmenge von maximal 2,4 mg messen kann. Eine interne Steuerung über einen Maximumkontakt für die Staubelegung löst einen Filterwechsel aus und sorgt somit für eine Fortsetzung der kontinuierlichen Messung nach der Filterwechselfpause von 240 Sekunden. Bei normalen Schwebstaubimmissionen wird jedoch nur einmal je 24 Stunden ein Filterwechsel über die Zeitsteuerung ausgelöst, sofern diese auf eine Bestäubungszeit von 24 Stunden eingestellt worden ist.

Der Meßbereich für den Konzentrationswert ist hinreichend groß, so daß auch kurzzeitige und plötzliche Spitzenbelastungen, die die Immissionsgrenzwerte um ein Vielfaches übersteigen dürfen, ohne Zeitverzug angezeigt werden können. Die Lage des Meßbereichsendwertes für den Konzentrationswert wurde daher nicht überprüft.

#### 3.4. Justierung

Die Bestimmung der auf einer Filterfläche abgeschiedenen Staubmasse über die Beta-Strahlenabsorption der beaufschlagten Filterfläche bedarf wegen der bekannten Abhängigkeiten, wie z.B. von der elementaren Aerosolzusammensetzung und der Partikelgröße [1, 9], einer Anpassung der Meßkette an das Meßproblem. Daher war der Prüfling vom Hersteller unter Zuhilfenahme eines Prüfaerosols aus Quarzstaub (physikalischer Stoffzustand : fest) Dörentrup Nr. 120 justiert worden, und zwar so, daß 2,4 mg des Prüfaerosols Quarzstaub ein Meßsignal von 20 mA erzeugen. Das Außenluftaerosol (Schwebstaub) bestehend aus Teilchen der festen oder flüssigen Phase oder beider Phasen, kann daher durch ein Prüfaerosol nur unzureichend abgebildet werden. Dies hat zur Folge, daß zu jeder Meßaufgabe eine Kalibrierung mit dem am Meßort vorhandenen Aerosol durchgeführt werden muß. Es mag aus den Randbedingungen der jeweiligen Meßaufgabe abgeleitet werden, in welchem Umfang die Richtigkeit der Meßergebnisse beeinflusst werden darf, wenn auf die Berücksichtigung der Abweichung der Meßwerte eines nur justierten Meßgerätes gegenüber einer Kalibrierung durch Stichproben (Einzelfiltermessungen) verzichtet wird.

## 3.5. Lage des Meßsignal-Nullpunktes

- Punkt 1.1.5. der Mindestanforderungen -

Der Nullpunkt wird über einen automatischen Nullpunktabgleich zu Beginn einer jeden Filterbeaufschlagung eingestellt. Der Probeluftstrom wird mit dem Nullpunktabgleich eingeschaltet, so daß schon während dieses Zeitraumes neben dem Abgleich der Filterbanddicken auch Effekte (wie z.B. Filtermaterialverluste loser Filterteile oder ein Feuchtegehaltsausgleich) abgeglichen werden, die beim erstmaligen Beströmen des Filters auftreten können.

## 3.6. Reproduzierbarkeit

- Punkt 1.1.9 der Mindestanforderung -

Die Meßdaten zur Reproduzierbarkeit wurden von LASKUS (Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin) übernommen; sie sind auch in die VDI-Richtlinie 2463, Blatt 5 (E) [2] aufgenommen und beziehen sich auf den vollständigen Meßplatz einschließlich Probenahmesystem. Nach den in der Tabelle 3.6.-1 aufgeführten Reproduzierbarkeitswerten kann die Forderung aus der Mindestanforderung [5] als erfüllt angesehen werden.

Die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse dieses radiometrischen Meßverfahrens mit dem Basisverfahren der Schwebstaubmassenbestimmung [6] wird ebenfalls in [2] diskutiert und festgestellt. Die mit dem Basisverfahren [6] festgelegten Kriterien für einen Vergleich der Schwebstaubmeßergebnisse erlauben daher folgende Aussage: Die mit diesem radiometrischen Schwebstaubmeßgerät FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h gemäß [2] erzielten Meßergebnisse sind den mit anderen Schwebstaubmeßverfahren entsprechend der VDI Richtlinie 2463 (LIS/P-Filtergerät [7] und Kleinfiltergerät GS050 [8] gewonnenen gleichwertig.

Tabelle 3.6.-1: Reproduzierbarkeit (R) als Quotient aus dem Mittelwert  $\bar{x}$  der Konzentrationsklassen und der Unsicherheit (U) von Doppelbestimmungen

Konzentrationsbereich $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anzahl Meßwerte N	U $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\bar{x}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	R
20 - 40	27	2,9	33	11
41 - 80	21	5,8	65	11
81 - 120	14	10,8	108	10
121 - 160	12	17	141	8
161 - 200	9	21,8	184	8
201 - 332	7	34,3	281	8

### 3.7. Einflüsse der Umgebungstemperatur und -feuchte auf die Empfindlichkeit und die Lage des Nullpunktes

- Punkte 1.1.10 und 1.1.11 der Mindestanforderungen -

Obgleich in den Mindestanforderungen die Prüfung auf Einflüsse durch die Umgebungsfeuchte nicht explizit gefordert ist, wird sie hier auf diesen Punkt ausgeweitet, da bei normalen Betriebsbedingungen die Umgebungsluft nicht vollständig trocken ist. So sind wegen der bekannten physikalischen Zusammenhänge (Taupunkt) durchaus Einflüsse durch Temperaturänderung, insbesondere auf elektrische Vorrichtungen, zu erwarten, die bei trockener Umgebungsluft prinzipiell nicht auftreten können.

#### Aufbau und Ausführung des Experimentes

Der Prüfling wurde in der Klimakammer (siehe Kapitel 3) verschiedenen Umgebungstemperaturen und Umgebungsfeuchten ausgesetzt. Dabei wurde ihm ein Nullgas, also ein partikelfreies Gas, über eine Schlauchleitung aus der Probeluftverteilerleitung [3] zugeführt. Die relative Feuchte im Nullgas betrug 0 %. Die Temperatur des Nullgases bei Eintritt in den Prüfling glich sich den jeweils herrschenden Umgebungstemperaturen an.

Die Versuche wurden mit unbelegtem Filtermaterial (I) wie auch mit Filtermaterial (II) ausgeführt, das mit Umgebungsstaub belegt war.

#### Versuch A:

Der Temperatureinfluß wurde zwischen 14°C und 35°C ermittelt.

#### Versuch B:

Aufgrund eines Defektes der Befeuchtungsanlage in der Klimakammer konnte die Feuchte nicht bei gleichbleibender Temperatur verändert werden. Die Befeuchtungsänderung wurde daher auf die nachfolgend beschriebene Weise vorgenommen, wobei der unter A) ermittelte Temperatureinfluß zur Korrektur herangezogen wurde:

Der Prüfling wurde in der Klimakammer auf etwa 35°C erwärmt und der Nullabgleich ausgeführt. Zur Änderung der Umgebungsfeuchte wurden sodann zwei mit Wasser gefüllte Eimer in die Kammer gestellt und die Luft umgewälzt, so daß durch einen Ventilator in der Klimakammer gleichmäßige Umgebungsbedingungen erzielt wurden. Die sich einstellende relative Feuchte wurde mit einem elektronischen Feuchtemeßgerät gemessen und registriert. Durch Senken der Kammertemperatur konnte die Feuchte soweit erhöht werden, daß maximal etwa 90 % relativer Feuchte erreicht wurden.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3.7.-1 und 3.7.-2 und in der Abbildung 3.7.-1 im Anhang wiedergegeben. Es fällt auf, daß sich sowohl bei belegtem als auch unbelegtem Filter und bei trockener Probeluft die Meßwertanzeige bis zu

3,5 mm (93 µg) verschob; bei Reduzierung der Umgebungstemperatur um 23 K von 37°C auf 14°C erhöhte sich die relative Feuchte von 14 % auf 86 %.

Das Gerät wurde vom Hersteller nachgebessert, nachdem er diese Fehlfunktion vor allem auch auf den Einfluß eines Hochohmwiderstandes zurückführen konnte. U.a. werden nun der Hochohmwiderstand und die Ionisationskammern beheizt, wodurch das nachgebesserte Gerät nicht mehr von der Umgebungstemperatur und -feuchte beeinflusst wird.

Beurteilung:

Zur Beurteilung der Tauglichkeit des Gerätes wird von den gegebenen Stationsbedingungen ausgegangen, wobei zu berücksichtigen ist, daß sich insbesondere im Sommer die relative Feuchte innerhalb kurzer Zeit von etwa 50 % auf mehr als 90 % ändern kann. Die aus diesen Prüfergebnissen abzuleitende Änderung der Meßwertanzeige um etwa 80 µg würde die im folgenden dargestellten Konzentrationsänderungen für das nicht nachgebesserte Gerät verursachen.

Zeitbasis h	Volumen m <sup>3</sup>	C µg/m <sup>3</sup>	Anteil vom IW2 %
0,5	1,5	53	18
3	12	7	2,3
12	36	2	0,7
24	72	1	0,4

Tabelle 3.7.-1: Einfluß der Umgebungstemperatur und -feuchte auf den Meßwert des nicht nachgebesserten Gerätes

I A Meßwert $m_0 = 0 \mu\text{g}$ (unbelasteter Filter)					
	Temperatur °C	Feuchte % rel.	Meßwert mm   µg		nach Temp.-Korrektur µg
	14	34	0		
	35	16	- 1	- 20	
	pro 1°C ansteigend				- 1
I B					
	37	14	0	0	0
	34	45	0,5	10	13
	30	56	1,0	20	27
	26	70	1,0	20	31
	22	81	1,5	30	45
	17	84	2,5	50	70
	14	86	3,5	70	93
	34	46	0,5	10	13
	30	56	1,0	20	27
	25	68	1,5	30	42
	20	84	2,5	50	67
	20	87	3,0	60	77

A = Ermittlung des Temperaturkorrekturbetrages

B = Meßfolge

Tabelle 3.7.-2: Einfluß der Umgebungstemperatur und -feuchte auf den Meßwert des nicht nachgebesserten Gerätes

II A Meßwert  $C_x = 1290 \mu\text{g}$  (belegter Filter)

Temperatur $^{\circ}\text{C}$	Feuchte % rel.	Meßwert		nach Temp.-Korrektur $\mu\text{g}$
		mm	$\mu\text{g}$	
15	56	0		
35	42	- 1,5	- 30	

pro  $1^{\circ}\text{C}$  ansteigend

- 1,5

II B	36	55	1,0	20	22
	30	70	1,0	20	30,5
	26	80	1,5	30	46,5
	22	86	2,0	40	62,5
	16	87	2,5	50	81,5
	16	88	3,0	60	91,5

A = Ermittlung des Temperaturkorrekturbetrages

B = Meßfolge

### 3.8. Einfluß der Meßgut-Temperatur und -Feuchte auf Nullpunkt und Empfindlichkeit

- Punkte 1.1.12. und 1.1.13. der Mindestanforderungen -

Ein Einfluß der Temperatur des idealisierten Meßgutes Nullluft als staubfreie und trockene Luft wurde nicht festgestellt. Daher wurde auf weitere Versuche zum Parameter Meßgut-Temperatur verzichtet und im weiteren Versuchsablauf der Parameter-Feuchte im Meßgut variiert. An dieser Stelle sei aber an die physikalischen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Feuchtegehalt eines Gases erinnert. Wechselwirkungen zwischen der Luftfeuchte und dem Meßobjekt hinsichtlich der definitorischen Abgrenzung des Meßobjektes gegenüber Störstoffen werden im Kapitel Querempfindlichkeiten diskutiert.

### 3.8.1. Feuchteeinfluß der Meßluft auf den Meßwert

#### Versuchsdurchführung

Der Prüfling wird an die Probeluft-Verteilerleitung angeschlossen und erhält über dieses Nullgas im Überschuß bei Umgebungstemperatur. Das Nullgas ist aus partikelfreier und trockener Preßluft hergestellt und enthält auch keine anderen Gasbeimengungen. Zur Befeuchtung des Nullgases wird Wasser kontinuierlich dosiert und als Dampf dem Nullgas zugemischt. Die Wasserdosierung erlaubt eine stufenlose Anfeuchtung des Nullgases. Der absolute Wassergehalt des Nullgases ist somit regulierbar, während sich die relative Feuchte in Abhängigkeit vom dosierten Wasser und der von der Umgebungstemperatur beeinflussten Temperatur des Nullgases einstellt.

Schwebstaub wird dem Prüfling über eine Staubdosierung oder aus der Umgebungsluft zugeführt. Nach einer Belegung des Filters mit einer vorgegebenen Masse Schwebstaub wird die Bestäubung abgebrochen und der Prüfling mit trockenem oder feuchtem Nullgas versorgt.

Die Messung der Feuchte erfolgte zum einen mit einem Feuchtemeßgerät (FMG) von Vaisal, HMI 14 A, mit der Sonde HMP 14 A, und zum anderen mit Hilfe des Sauerstoffmeßgerätes Oxymat 2 von Siemens [4] mit einem gespreizten Meßbereich für einen Sauerstoffanteil von 18 - 23 Vol. % im Meßgas.

Die in den Tabellen 3.8-1 bis 3.8-7 wiedergegebenen Versuchsdaten zeigen den Einfluß von Wasser auf den Meßwert unter den Bedingungen einer Feuchte im Meßgas, die keine Kondensation von Wasser zuließen. Es sind also Vorgänge simuliert worden, wie sie in der Atmosphäre üblicherweise auftreten. Alle Vorgänge waren reversibel, d.h., das Wasser konnte durch trockenes Nullgas wieder entfernt werden. Bei den hier zufällig ausgewählten Stäuben betrug der Spitzenwert der radiometrischen Signaländerung durch Wasser 440 µg (18,3 % vom Meßbereichsende 2,4 mg), wobei ein Teil der Signaländerung der Wasseraufnahme im Bereich der Meßkammer zuzuschreiben ist. So stieg das Signal bei 90 % relativer Feuchte um 111 µg (4,6 % des Meßbereichsendwertes) reversibel an, während die Wasseraufnahme bei 60 % relativer Feuchte nur 22 µg betrug. Wie aus den Abbildungen 3.8-1 und 3.8-2 im Anhang zu entnehmen ist, steigt das Signal mit zunehmender Feuchte oberhalb von 90 % relativer Feuchte schnell an! Der Prüfling wird bei diesen Versuchen ohne Probeluftbeheizung bei Raumtemperatur - die gleich ist der in den folgenden Tabellen angegebenen Temperatur - betrieben.

Tabelle 3.8-1: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Nullgas  
 vorgelegte Staubmasse: 0 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
21	0	0	1	0	0	-
23,5	6,19	28,5	31	10	10	-
24	11,49	51,3	45	20	20	-
25	14,14	59,4	59	20	20	-
25	16,79	70,6	74	30	30	-
25	19,00	79,8	83	70	70	-
25	21,65	91,0	92	130	130	-
25	22,54	94,7	97	290	290	-

Tabelle 3.8-2: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Abrieb einer Drehschieberpumpe VT 1,5  
 vorgelegte Staubmasse: 430 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
23	0	0	1	430	0	0
23	5,74	27,2	30	460	30	7,0
23	8,84	41,9	43	460	30	7,0
23	11,49	54,5	56	470	40	9,3
23	14,14	67,0	69	480	50	11,6
23	16,35	77,5	80	500	70	16,3
24	19,00	84,8	88	540	110	25,6
24	21,21	94,7	96	620	190	44,2
24	0	0	0	430	0	0

Tabelle 3.8-3: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Abrieb einer Drehschieberpumpe VT 1,5  
 vorgelegte Staubmasse: 630 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
21	0		1	630	0	0
21	5,74	30,7	34	660	30	4,8
22	8,40	42,9	45	660	30	4,8
22	11,27	56,9	62	680	50	7,9
22	13,70	69,2	78	700	70	11,1
22	16,35	82,6	88	730	100	15,9
22	18,56	93,7	96	800	170	27,0
22	0		1	630	0	0

Tabelle 3.8-4: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Abrieb einer Drehschieberpumpe VT 1,5  
 vorgelegte Staubmasse: 1240 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
20	0	0	1	1240	0	0
20	5,74	32,8	34	1260	20	1,6
20	8,40	48,0	52	1270	30	2,4
20	11,05	63,1	71	1290	50	4,0
20	13,48	77,0	84	1310	70	5,6
20	16,13	92,2	95	1360	120	9,7
20	0	0	1	1240	0	0

Tabelle 3.8-5: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Ruß einer Ethenflamme, erkennbare  
 Grautönung des Filters, jedoch keine Massenan-  
 zeige  
 vorgelegte Staubmasse: 0 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
22	0	0		0	0	
23	3,09	14,6		0	0	
23	14,14	67,0		50	50	
23	19,60	90,0		160	160	
23	20,77	98,4		330	330	
23	14,14	67,0	68	50	50	
23	8,84	41,9	40	10	10	
23	3,09	14,6	12	0	0	

Tabelle 3.8-6: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Staub einer Technikumshalle  
 vorgelegte Staubmasse: 420 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
26	0		1	420	0	0
26	5,97	23,7	25	430	10	2,4
26	11,05	43,8	46	440	20	4,8
26	13,92	55,2	58	450	30	7,1
26	16,13	64,0	70	470	50	11,9
26	19,00	75,4	77	560	140	33,3
26	21,21	84,2	85	720	300	71,4
26	23,64	93,8	90	860	440	104,8
26	0		1	420	0	0

Tabelle 3.8-7: Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige  
 Staubart: Kehrstaub aus dem Technikum der LIS  
 vorgelegte Staubmasse: 940 µg

Temperatur °C	Meßgutkonditionen			Anzeige		
	Relative Feuchte (RF) %			Staub- masse µg	Anzeige- differenz	
	Oxymat 2 mm Hg	RF	FMG RF		µg	%
26	0	0	1	940	0	0
26	5,74	22,8	25	960	20	2,1
26	8,40	33,3	36	960	20	2,1
26	11,05	43,8	47	980	40	4,3
26	13,70	54,4	59	990	50	5,3
26	16,13	64,0	70	1000	60	6,4
26	18,56	73,7	79	1060	120	12,8
26	21,21	84,2	87	1100	160	17,0
26	23,20	92,1	92	1210	270	28,7
26	0	0	1	940	0	0

### 3.9. Stabilität von Nullpunkt und Empfindlichkeit

- Punkte 1.1.14 und 1.1.15 der Mindestanforderung -

#### Versuchsordnung:

Dem Prüfling wird aus aufbereiteter Preßluft ein staubfreies und trockenes Nullgas im Überschuß zugeführt. Die Driften (monotone) werden durch lineare Regression der Meßwerte auf die Zeit ermittelt und als Abweichung pro Tag von der Ausgangskonzentration (Prüfgas - Sollwert bzw. Meßsignallage zu Versuchsbeginn) in Gehalt der Meßkomponente angegeben. Die Reststreuung der Einzelwerte um die Ausgleichsgerade, berechnet als Doppelbestimmung aus dem Meßwert und dem zugehörigen Wert der Ausgleichsgeraden, wird als Kurzzeitdrift über eine Stunde angegeben.

Zur Ermittlung der Nullpunkt Konstanz wurde der Prüfling mit Nullgas beaufschlagt und die während eines Zeitraumes von 24 Stunden registrierten Meßsignale ausgewertet (Versuche 1 bis 3). Zur Ermittlung der Empfindlichkeitskonstanz über 24 Stunden wurde das Filter des Prüflings zunächst durch Ansaugen von Umgebungsluft (Technikum) mit Staub beladen, danach wurde einen Tag lang Nullgas angesaugt (Versuche 4 und 5).

Die Tabellen 3.9-1 und 3.9-2 geben die gefundenen Werte wieder.

Tabelle 3.9.-1: Meßwerte zur Ermittlung der Stabilität des Nullpunktes und der Empfindlichkeit  
 Prüfgas: Nullgas aus der Probeluftverteilerleitung

Sammelzeit (x) h	Versuch 1		Versuch 2		Versuch 3		Versuch 4		Versuch 5	
	(y) mm	(y') mm								
-3							27,5		23,0	
-2							42,0		34,0	
-1							55,0		45,0	
0	16,5	16,6	16,0	15,8	16,5	16,5	64,0	63,4	51,0	50,6
1	16,5	16,7	16,0	15,8	16,5	16,5	64,0	63,4	50,5	50,6
2	16,5	16,7	15,5	15,8	16,5	16,6	63,5	63,4	50,5	50,6
3	16,5	16,8	15,5	15,9	16,5	16,6	63,5	63,4	50,5	50,6
4	17,0	16,8	15,5	15,9	16,5	16,7	63,0	63,5	50,5	50,6
5	17,0	16,9	16,0	15,9	17,0	16,7	63,5	63,5	50,5	50,6
6	17,0	16,9	16,0	15,9	17,0	16,8	63,0	63,5	50,5	50,6
7	17,0	17,0	16,0	16,0	17,0	16,8	63,0	63,5	50,5	50,7
8	17,5	17,0	16,0	16,0	16,5	16,9	63,5	63,5	50,5	50,7
9	17,0	17,1	16,0	16,0	17,0	16,9	63,0	63,5	51,0	50,7
10	17,0	17,1	16,0	16,1	17,0	17,0	63,0	63,5	50,5	50,7
11	17,0	17,2	15,5	16,1	17,0	17,1	63,5	63,6	51,0	50,7
12	17,5	17,2	16,5	16,1	17,5	17,1	63,5	63,6	50,5	50,7
13	17,5	17,3	16,5	16,1	17,5	17,2	63,5	63,6	50,5	50,7
14	17,5	17,3	16,5	16,2	17,5	17,2	64,0	63,6	51,0	50,7
15	17,5	17,4	16,5	16,2	17,0	17,3	64,0	63,6	51,0	50,8
16	17,5	17,4	16,5	16,2	17,0	17,3	64,0	63,6	51,0	50,8
17	17,5	17,5	16,5	16,3	17,0	17,4	64,0	63,7	51,0	50,8
18	17,5	17,5	16,5	16,3	17,5	17,4	64,0	63,7	51,0	50,8
19	17,5	17,6	16,5	16,3	17,5	17,5	64,0	63,7	50,5	50,8
20	17,5	17,6	16,5	16,3	17,5	17,5	63,5	63,7	50,5	50,8
21	18,0	17,7	16,0	16,4			63,5	63,7		
22	17,5	17,7	16,0	16,4			63,5	63,7		
23	17,5	17,8	16,0	16,4						

Tabelle 3.9-2: Versuchsergebnisse zur Stabilität von Nullpunkt und Empfindlichkeit

Versuch	Beziehung $y = a+bx$ [mm]	monotone Drift			Kurzzeitdrift		vorgelegte Staubmasse $\mu\text{g}$
		mm/d	$\mu\text{g/d}$	$\mu\text{g/m}^3\text{d}$	mm	$\mu\text{g}$	
1	$16,6183 + 0,051304x$	1,2313	24,6	0,34	$\pm 0,2021$	$\pm 4,0$	0
2	$15,7717 + 0,028913x$	0,6939	13,9	0,19	$\pm 0,2965$	$\pm 5,9$	0
3	$16,4935 + 0,05065x$	1,2156	24,3	0,34	$\pm 0,2289$	$\pm 4,6$	0
4	$63,3967 + 0,0153162x$	0,3676	7,35	0,10	$\pm 0,3545$	$\pm 7,0$	868
5	$50,5606 + 0,012987x$	0,3117	6,23	0,09	$\pm 0,2215$	$\pm 4,4$	611

### 3.10. Weitere Kenndaten

#### 3.10.1. Wartungsintervall

- Punkt 1.1.16 der Mindestanforderungen -

Das Wartungsintervall beträgt 3 Monate. Nach dieser Zeit muß der Aktivitätsabfall des radioaktiven Strahlers kompensiert werden.

Das Wartungsintervall kann sich verkürzen, wenn das Filterband, welches für etwa 1200 Filterwechsel ausreicht, erneuert werden muß. Dies ist regelmäßig nur dann der Fall, wenn immer vor Ablauf von maximal 1,8 Stunden ein Filterwechsel auftritt.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

## 3.10.2. Netzspannungsschwankungen

- Punkt 1.1.17 der Mindestanforderungen -

Einflüsse auf das Meßsignal durch Netzspannungsschwankungen sind für zwei Seriengeräte in der Tabelle 3.10.2-1 aufgeführt. Die Werte wurden jeweils aus der Differenz zwischen der Anzeige einer Null-Kalibrierfolie und einer Kalibrierfolie bei 65 % des Meßbereiches erhalten.

Tabelle 3.10.2-1: Einfluß der Netzspannungsschwankung

Spannung V	Anzeige in mA		Abweichung in % zum Bezug: 220 V	
	Gerät Nr.		Gerät Nr.	
	97	101	97	101
220	12,03	13,9	-	-
210	11,13	12,35	- 7,5	12,0
200	10,2	10,85	-15,2	21,9
190	9,5	9,35	-20,8	32,7
180	8,85	8,5	-26,4	38,9

## 3.10.3. Meßsignalausgang

- Punkt 1.1.18 der Mindestanforderung -

Der Prüfling gibt das Meßsignal als eingepreßten Strom von 0-20 mA aus. Das Gerät besitzt auf der Frontplatte ein Anzeigeinstrument für das Meßsignal mit einstellbarem Nullpunkt (0-95 %) als Verschiebung des Meßbereiches und einen oberen Grenzkontakt (5-100 %, Maximumkontakt).

Ogleich der Prüfling auf der Frontplatte keinen separaten zweiten Ausgang für eine Analoganzeige besitzt, wird wegen des vorhandenen Anzeigeinstruments die Mindestanforderung als erfüllt angesehen.

Die Meßnetzgeräte FH 62 I 8.0 (8.1 - 8.6, 8.8) haben serienmäßig eine Ausgangsbuchse 0-(2-4)-20 mA an der Frontplatte, in der Reihe zum Meßwertausgang am 50poligen Stecker, der durch eine Diode überbrückt ist.

## 3.10.4. Statussignale/Telemetrie/Umschaltung

- Punkte 1.2.1 und 1.2.2 der Mindestanforderungen -

Der Zustand wesentlicher Gerätefunktionen ist als Statussignal angezeigt und telemetrisch übermittelbar.

Die Mindestanforderung 1.2.1 ist erfüllt.

Der Prüfling besaß keine telemetrisch auslösbare Umschaltung. Eine auf einer Geräteseite befindliche Preh-Buchse kann jedoch, herausgeführt zur Fernsteuerung dienen (Ausgang 0 bis 10 Volt, 0-20 mA und Steuerungsauslösung, Buchse 5-3). Ein modifiziertes Modell, bei dem diese Kontakte auf eine schnittstellenge-rechte vielpolige Steckerleiste herausgeführt sind, wird als Option angeboten; sie ist in den Meßnetzgeräten FH 62 I 8.0 ... 8.8 serienmäßig ausgeführt.

Die Mindestanforderung 1.2.2 ist für die Geräteausführung des Prüflings nicht erfüllt.

#### 3.10.5. Verfügbarkeit

- Punkt 1.2.3 der Mindestanforderung -

Der Prüfling besitzt eine Verfügbarkeit von 99,5 %.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### 3.10.6. Einstellzeit

- Punkt 1.4.4 der Mindestanforderung -

Zur Ermittlung der Einstellzeit (90 %) wurde bei zwei Geräten aus der Serienproduktion (Nr. 97 und 101), nach Einlegen einer Kalibrierfolie der Strahlenabschwächung im Meßbereich bei etwa 65 Skalenteilen, die Zeit zwischen dem Durchgang des Meßsignals bei 4 mA (Null) und der Maximalanzeige für die Kalibrierfolie gemessen. Die 90 %-Einstellzeit wurde daraus mit 62,5 s und 64,8 s gefunden.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

#### 3.10.7. Undichtigkeit

- Punkt 1.5.4 der Mindestanforderungen -

Der Prüfling wurde mit einer geregelten Pumpe betrieben, deren Kennlinie aufgenommen wurde.

Die Messung des Volumenstromes am Geräteeingang zeigte keine Abweichungen vom Sollwert. Hinweise auf einen Nebenstrom an der Filterabdichtung gab es beim Prüfling nicht.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.10.8. Integrationszeit

- Punkt 1.5.3 der Mindestanforderungen -

Anfangs- und Endpunkt des Integrationszeitraumes sind frei wählbar und erlauben somit auch die Bildung von 24-Stunden-Mittelwerten. Beim Betrieb mit einer Filterwechselzeit von 24 Stunden beträgt die Totzeit zwischen Anfang und Ende der Meßsignalunterbrechung 4 Minuten, entsprechend 0,28 % der Tagesstunden.

Bei einer Filterwechselzeit von 3 Stunden beträgt die Totzeit 2,2 %. Für den Fall höherer Staubkonzentrationen kann man annehmen, daß der Maximumkontakt zum Beispiel bei 2,4 mg anspricht. Eine Totzeit von 5 % würde auftreten, wenn alle 1,33 Stunden ein Filterwechsel durch den Maximumkontakt ausgelöst würde. Die Staubbelastung würde dann  $602 \mu\text{g}/\text{m}^3$  betragen.

Die Mindestanforderung ist erfüllt.

### 3.11. Querempfindlichkeiten

- Punkt 1.4.2 der Mindestanforderungen -

#### 3.11.1. Feuchteeinfluß der Meßluft auf den Meßwert

##### Problematik:

Das hier geprüfte Meßgerät soll zur Ermittlung der Schwebstaubmassenkonzentration in der Luft dienen. Meßobjekt ist also die Summe aller in der Luft dispergierten Teilchen (Aerosole), die auf dem Filter abgeschieden werden können. Der Aggregatzustand der Schwebstaubteilchen kann fest oder flüssig sein oder beide Zustände umfassen, wobei die chemische Zusammensetzung der Aerosole hier nicht das Meßziel ist. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften können also von Teilchen (Tröpfchen) zu Teilchen (Tröpfchen) unterschiedlich sein; sie lassen auf jeden Fall jedoch zu, daß in der Atmosphäre Vorgänge an und mit den Partikeln ablaufen, die deren Zusammensetzung und Masse verändern. Hinsichtlich der hier zu beobachtenden Meßgröße Masse kann vor allem das in der Atmosphäre immer vorhandene Wasser die Masse von Aerosolteilchen durch Ad- und Absorption sowie Verdunstung bedeutend verändern. Diese Veränderungen sind auch anzunehmen, wenn die Aerosole auf Partikelfiltern abgeschieden wurden und einem häufigen Austausch der sie umgebenden Luft unterworfen sind, wie dies bei allen Staubmeßverfahren der Fall ist, die nach diesem Prinzip die Partikel abscheiden.

Für den Idealfall der meßtechnischen Beschreibung einer unverfälschten Aerosolmasse sollte diese sofort nach der Abscheidung mit weiteren Luftströmungen nicht mehr in Berührung kommen. Diese Bedingung ist jedoch nur bei der Abschaltung des Probeluftstromes - also jeweils am Ende einer vorgegebenen Sammelzeit - gegeben. In der gesamten davorliegenden Zeit der Aerosolsammlung kann also

eine Wechselwirkung der Aerosolteilchen mit der sie umströmenden Luft stattfinden.

Bei der Massenbestimmung des Schwebstaubes durch Wägung sofort nach dem Ende der Sammelzeit würde die Aerosolmasse einschließlich aller dann noch vorhandenen, verdampfbaren Anteile ermittelt. Bei dem hier geprüften Gerät erfolgt die Massenbestimmung quasi in Echtzeit, das heißt, die augenblicklich auf dem Filter befindliche Masse wird kontinuierlich als elektrisches Signal ausgegeben und registriert. Ebenso wie durch jede zusätzliche Abscheidung weiterer Aerosole auf dem Filter die dort befindliche Masse verändert wird, kann sie auch durch Ad- und Absorptionen, ggf. Kondensation sowie durch Verdunstung von Wasser und anderen Stoffen verändert werden.

Ad- und Absorptionsvorgänge von Wasser oder auch anderen Stoffen sind unvermeidbare, stoffspezifische Massenänderungen innerhalb der Definition des Meßobjektes, das ja hinsichtlich seiner Zusammensetzung nicht näher bestimmt ist. Die Verdunstung von Wasser und anderen Flüssigkeiten aus der Aerosolmasse auf dem Filter im strömenden Gas ist ebenfalls unvermeidlich; sie verringert die abgeschiedene Aerosolmasse. Eine Kondensation von Wasserdampf auf der abgeschiedenen Aerosolmasse oder auf dem Filter ist unter sehr selten auftretenden Randbedingungen möglich, nämlich immer dann, wenn warm-feuchte Probeluft in der Meßanordnung soweit abgekühlt wird, daß der Taupunkt am Filter unterschritten wird. Derart auf dem Filter oder der dort befindlichen Aerosolmasse kondensiertes Wasser ist nicht dem Meßobjekt zugehörig, es wird als Störung der Anzeige der Masse aufgefaßt. Tritt die Kondensation von Wasser im Probenabnehmerrohr vor dem Filter auf, so wird die Echtzeitmassenanzeige des Aerosols nicht beeinflusst, obgleich andere massebeeinflussende Effekte im Probenabnehmerrohr auftreten können, die hier nicht weiter diskutiert werden sollen. Eine Kondensation hinter der radiometrischen Meßzelle des Prüflings beeinflusst die Massenanzeige nicht.

Für den Meßbetrieb ist zu berücksichtigen, daß das Meßgerät nach jedem Filterwechsel einen Nullabgleich mit gleichzeitiger Probeluftförderung ausführt, so daß dabei das Filtermaterial mit Wasser äquilibriert wird. Alle durch Wasser hervorgerufenen Veränderungen der Massenanzeige während des Meßbetriebes, ausgenommen die durch Kondensation, können im einzelnen nicht den zuvor beschriebenen Zuwachs- oder Abnahmevorgängen zugeordnet werden. Die wahrnehmbare Massenänderung resultiert somit aus allen diesen Vorgängen, die man im Hinblick auf den Zustand der Aerosole zum Zeitpunkt ihrer Abscheidung auf dem Filter nicht als Meßfehler betrachten kann, da sie in der verfahrensbedingten Meßobjektdefinition aller Meßverfahren, die Schwebstaub auf Filtern anreichern, eingeschlossen sind.

Folgerung:

- Eine Kondensation muß vermieden werden.
- Die Schwankung der relativen Feuchte zwischen zwei extremen Gaszuständen soll nicht mehr als 60 % relativer Feuchte betragen.

Dazu im folgenden einige Rechenbeispiele in den Tabellen 3.11-1 bis 3.11-3.

### 3.12. Sinnvolle Probenahmezeiten

Die Eigenart des Meßobjektes Schwebstaub als ein Aerosol mit Aerosolen der festen und flüssigen Phase gibt hier Anlaß, die Lage der relativen Nachweisgrenze unter Einbeziehung der Probenahmezeit und der in der Außenluft auftretenden Schwankungen des Feuchtegehaltes der Luft zu diskutieren. Die zuvor in Kapitel 3.11 dargelegten Zusammenhänge zwischen der Feuchte und der abgeschiedenen Aerosolmasse stützen folgende Überlegungen, bei denen eine kurzzeitige Schwankung der relativen Feuchte über eine Spanne von 30 % vorausgesetzt werden. Daraus ergibt sich für die Erfassung von 24-Stundenmittelwerten der in der Spalte D der Tabelle 3.11.-3 wiedergegebene Meßwerteinfluß von 0,3 bis 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Einflüsse sind im Hinblick auf die Streuung des Meßverfahrens nicht weiter von Bedeutung. Das gleiche gilt auch noch für 3-Stundenmittelwerte, sofern die rel. Feuchte von 75 % nicht überschritten wird. Werden jedoch kürzere Probenahmezeiten angewandt, so wird die Über- oder Unterschätzung (vgl. Spalten A und B in Tabelle 3.11.-3) durch Änderung des Feuchtegehaltes im Meßgas deutlich, und dies insbesondere immer dann, wenn niedrige Staubimmissionen vorliegen. Obgleich die Wechselwirkung des Staubes mit der Luftfeuchte stark von seiner Zusammensetzung abhängen kann (Staubarten 4 und 5), ist es möglich, daß die absolute Zunahme des Feuchteinflusses ebenso nahezu konstant bleibt (Tabelle 3.11.-1, Versuche Nr. 2, 3 und 4). Dies vorausgesetzt kann also gesagt werden, daß der Feuchteeinfluß auf den Konzentrationswert mit zunehmender Staubmassenbelegung auf dem Filter abnimmt.

Der Prüfling bietet technisch die Voraussetzungen, auch automatisierte Schwebstaub-Immissionsmessungen über einen Zeitraum von 30 Minuten auszuführen. Der Anwender muß sich jedoch vor Augen halten, daß der Betrag des Luftfeuchteinflusses bei Luftfeuchten bis 75 % relativ (Versuch Nr. 1, Spalte A in Tabelle 3.11.-3) zwar nur wenig größer ist als die Nachweisgrenze, dieser aber bei Feuchten um 90 % relativ so deutlich wird, daß erst Meßwerte oberhalb 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sinnvoll sind.

## 4. S c h l u ß b e m e r k u n g

Das Staubmeßgerät FH 62 I 3  $\text{m}^3/\text{h}$  eignet sich zur Ermittlung von Schwebstaub-Massenkonzentrationen in Echtzeit bei vollautomatisierter Betriebsweise. Die

Tabelle 3.11.-1: Einfluß des feuchten Meßgases auf den Meßwert  
Staubart:

1. Nullluft staubfrei
2. Abrieb einer Drehschieberpumpe VT 1,5
3. Ruß einer Ethenflamme
4. Staub in einer Technikumshalle
5. aufgewirbelter Staub (Kehrstaub) in einer Technikumshalle

RF = relative Feuchte in %

Versuch Nr.	Staubart	Anzeige $\mu\text{g}$	durch Wasseraufnahme zusätzlich angezeigte Staubmasse ( $\mu\text{g}$ )		
			60 RF	80 RF	90 RF
1	1	0	22	60	111
2	2	430	39	75	123
3	2	630	41	75	110
4	2	1240	38	63	89
5	3	0	60	94	160
6	4	420	33	180	440
7	5	940	51	110	200

Tabelle 3.11.-2: Einfluß des feuchten Meßgases auf den Meßwert  
Konzentration

Staubart und Versuche: siehe Tabelle 3.11.-1

RF = relative Feuchte in %

Konzentrationswerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bezogen auf Probe-  
nahmezeiten von

A = 0,5 h

C = 3 h

B = 1 h

D = 24 h

Ver- such	Durch Wasseraufnahme angezeigte Konzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )											
	60 RF				80 RF				90 RF			
Nr.	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	14,7	7,3	2,4	0,3	40,0	20,0	6,7	0,8	74,0	37,0	12,3	1,5
2	26,0	13,0	4,3	0,5	50,0	25,0	8,3	1,0	82,0	41,0	13,7	1,7
3	27,3	13,7	4,6	0,6	50,0	25,0	8,3	1,0	73,3	36,7	12,2	1,5
4	25,3	12,7	4,2	0,5	43,0	21,0	7,0	0,9	59,3	29,7	9,9	1,2
5	40,0	20,0	6,7	0,8	62,7	31,3	10,4	1,3	106,7	53,3	17,8	2,2
6	22,0	11,0	3,7	0,5	120,0	60,0	20,0	2,5	293,3	146,7	48,9	6,1
7	34,0	17,0	5,7	0,7	73,3	36,7	12,2	1,5	133,3	66,7	22,2	7,8

Tabelle 3.11.-3: Einfluß des feuchten Meßgases auf den Meßwert;  
berechnete Änderung der Konzentrationsanzeige  
bei Luftfeuchteänderungen von

CF 1 : 60 % RF auf 90 % RF

CF 2 : 45 % RF auf 75 % RF

bezogen auf Probenahmezeiten von

A = 0,5 h                      C = 3 h

B = 1 h                         D = 24 h

weitere Erläuterungen: s. Tabelle 3.11.-1

Versuch Nr.	Konzentrationsänderung ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
	CF 1				CF 2			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	58,7	29,3	9,8	1,2	13,3	6,7	2,2	0,3
2	56,0	28,0	9,3	1,2	16,7	8,3	2,8	0,3
3	46,0	23,0	7,7	1,0	18,0	9,0	3,0	0,4
4	34,0	17,0	5,7	0,7	20,7	10,3	3,4	0,4
5	66,7	33,3	11,1	1,4	36,7	18,3	6,1	0,8
6	271,3	135,7	45,2	5,7	51,3	25,7	8,6	1,1
7	99,3	49,7	16,6	2,1	35,3	17,7	5,9	0,7

Staubmassenermittlung im Staubmeßgerät über die  $\beta$ -Strahlen-Absorptionsmessung erfordert die Kalibrierung der Massenanzeige mit dem Außenluftstaub am jeweiligen Meßort durch den Anwender. Verfahrensbedingt sind Kalibriermessungen zugleich Messungen der Schwebstaubbelastungen. Die Kalibrierung kann zur Rekalibrierung wie auch zur Übertragung auf weitere typgleiche Meßgeräte auf Justagefolien übertragen werden, die dann als Transferstandard (Kalibrierfolien) eine einfache und zeitsparende Rekalibrierung und Funktionsprüfung auch im Meßnetzbetrieb für viele Meßgeräte erlauben. Die Übertragung der Kalibrierung setzt die Übereinstimmung der Kalibrierfunktion an allen Meßorten voraus; sie ist durch Stichproben zu überprüfen.

Wegen der physikalischen Zusammenhänge innerhalb der Definition des Meßobjektes Schwebstaub wird durch Änderung der Betriebsweise des Meßgerätes die beim Schwebstaub ohnehin verfahrensabhängige Meßobjektdefinition ebenfalls geändert. Somit ist mit exakten Meßwertangaben untrennbar die Angabe der Betriebsweise verknüpft. Diese Tatsache muß unbedingt berücksichtigt werden, wenn Erkenntnisse aus dem Vergleich von Schwebstaubmeßplätzen gewonnen werden sollen, besonders dann, wenn die Meßergebnisdifferenzen nur wenig größer als betriebsbedingte zulässige Abweichungen sind.

## 5. S c h r i f t t u m

- [1] MANN, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH 62 I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 11 (1980), 26 S.
- [2] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 5:  
Messen von Partikeln, Messen der Massenkonzentration (Immission), Filterverfahren, Automatisiertes Filtergerät FH 62 I  
(Entwurf November 1984).
- [3] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen und der Immissionen:  
Richtlinien über die Wahl der Standorte und die Bauausführung automatisierter Meßstationen in telemetrischen Immissionsmeßnetzen.  
RdSchr. d. BMI vom 02.02.1983 - UII 8 - 556 134/4 GMBI 1983, S. 78-81.
- [4] MANN, H., H. GIES und G. NITZ:  
Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 27 (1982), 139 S.
- [5] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Immissionen:  
Richtlinien für die Bauausführung und Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen.  
RdSchr. d. BMI vom 19.08.1981 - UII 18 - 556 134/4 GMBI 1981, S. 355-357.
- [6] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 8:  
Messen von Partikeln. Messen der Massenkonzentration (Immission).  
Basisverfahren für den Vergleich von nichtfraktionierenden Verfahren  
(August 1982).
- [7] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 9:  
Messen von Partikeln. Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft. Filterverfahren. LIS/P-Filtergerät  
(Entwurf Februar 1981).
- [8] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7:  
Messen von Partikeln. Messen der Massenkonzentration (Immission).  
Filterverfahren. Kleinfiltergerät GS 050/3 (August 1982).
- [9] GEIPEL, W.:  
Untersuchungen zur Staubemissionsmessung.  
Dissertation, Inst. Therm. Kraftanlagen, TU München 1979.

- [10] MANN, H. und W. WERNER:  
Immissionsmessung von Vinylchlorid. "Ringversuche Vinylchlorid".  
Staub - Reinhalt. Luft 45 (1985), S. 31 - 34.
- [11] Prüfplan für die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen.  
Hrsg.: Umweltbundesamt III.6-54473-1, Berlin, Februar 1986.

B i l d a n h a n g

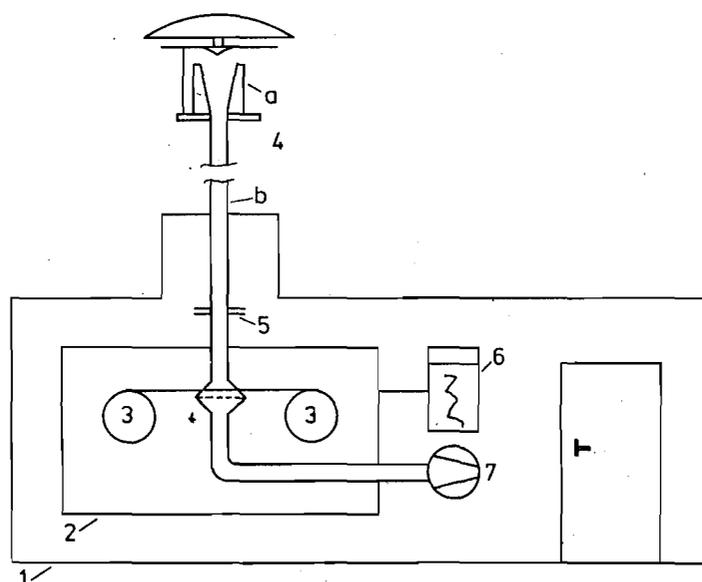


Abb. 2.-1: Schema eines automatisierten Meßplatzes für die Schwebstaubimmissionen

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 1 | Meßstation                                      | 5 | Schnittstelle zwischen Probenahmesystem und Meßgerät |
| 2 | automatisiertes Schwebstaubmeßgerät             | 6 | Meßsignalregistrierung                               |
| 3 | Filterbandrollen                                | 7 | Probeluftpumpe                                       |
| 4 | Probenahmesystem für Schwebstaub bestehend aus: |   |  |
|   | a - Probenahmekopf                              |   |  |
|   | b - Probenahmerohr                              |   |  |

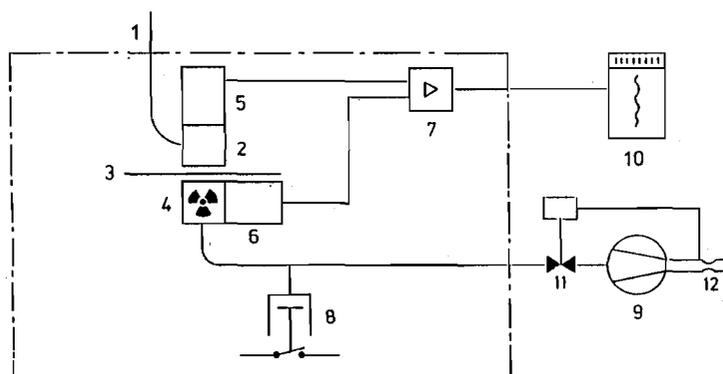


Abb. 2.-2: Schema zum Staubmeßgerät FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h

- |   |                             |    |                            |
|---|-----------------------------|----|----------------------------|
| 1 | Probengaseinlaß             | 7  | elektr. Signalverarbeitung |
| 2 | Scheide- und Meßkammer      | 8  | Volumenstromkontrolle      |
| 3 | Filterband                  | 9  | Pumpe                      |
| 4 | $\beta$ -Strahlenquelle     | 10 | Schreiber                  |
| 5 | Meß-Ionisationskammer       | 11 | Stellventil                |
| 6 | Vergleichsionisationskammer | 12 | Strömungsbegrenzerdüse     |

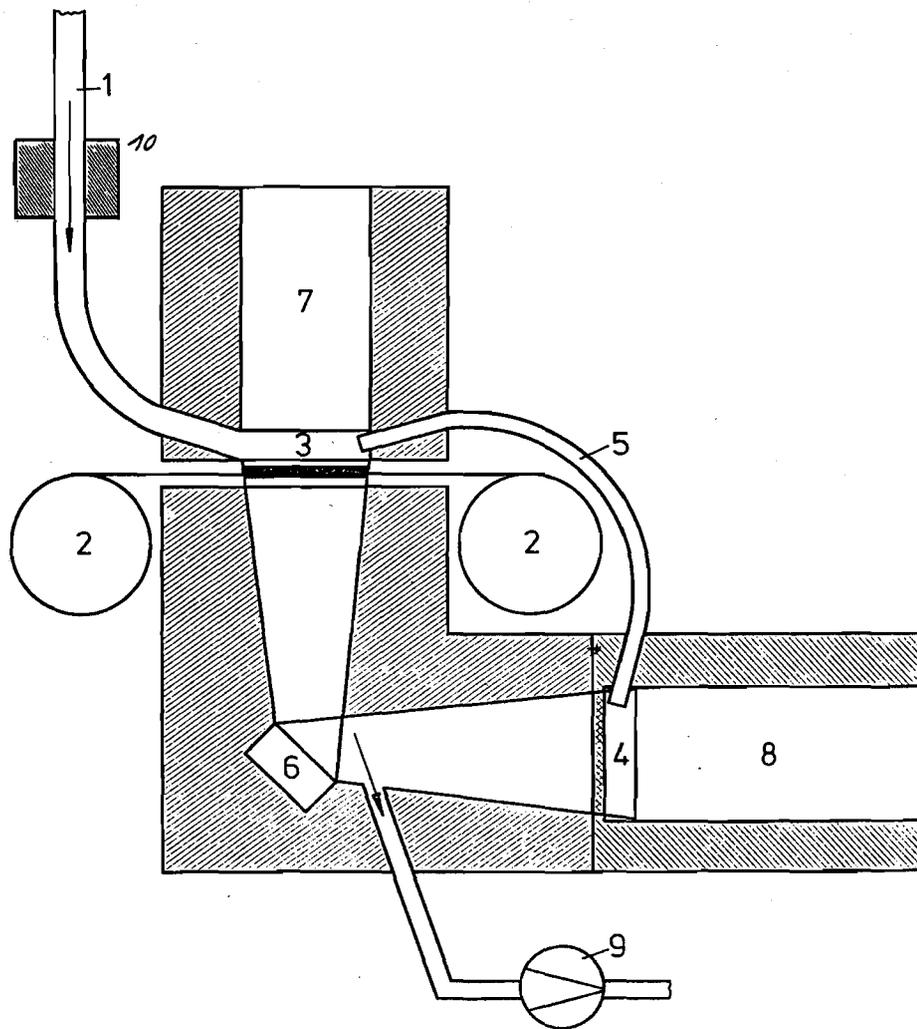


Abb. 2.-3: Skizze der Meßanordnung im Staubmeßgerät FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h

- |       |  |
|-------|--|
| 1     | = Ansaugrohr                                   |
| 2     | = Filterbandrollen                             |
| 3     | = Bestäubungskammer                            |
| 4     | = Ausgleichskammer mit Scheinfiltermasse       |
| 5     | = Verbindungsschlauch (vergrößert dargestellt) |
| 6     | = $\beta$ -Strahler                            |
| 7     | = Meßkammer                                    |
| 8     | = Kompensationskammer                          |
| 9     | = Pumpe  |
| 10    | = zuschaltbare Probeluftbeheizung              |
| 1-3-9 | = Probenluftweg                                |
| 6-3-7 | = Meßstrecke                                   |
| 6-4-8 | = Kompensationsmeßstrecke                      |

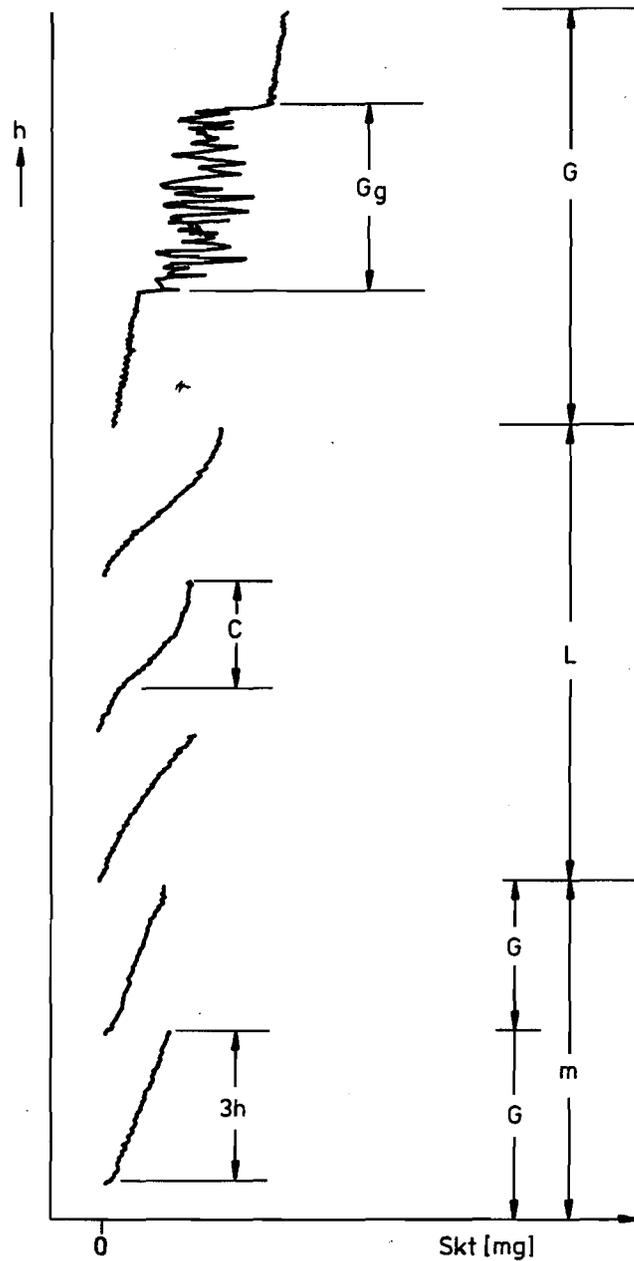


Abb. 2.-4: Beispiele aus dem Registrierstreifen eines Staubmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h

- G = Bereich nahezu konstanter Staubmassenkonzentration
- Gg = Einfang eines kleinen Insektes (z.B. Obstfliege), unruhiger Schrieb bis zum Tod des Insektes, Erhöhung des Signals um die Masse des Insektes
- L = wechselnde Staubmassenkonzentration
- C = beliebiger Zeitabschnitt zur Erkennung der Staubbelastungstendenz
- m = Registrierbereich ohne besondere Vorkommnisse
- h = Stunde (Zeitachse)

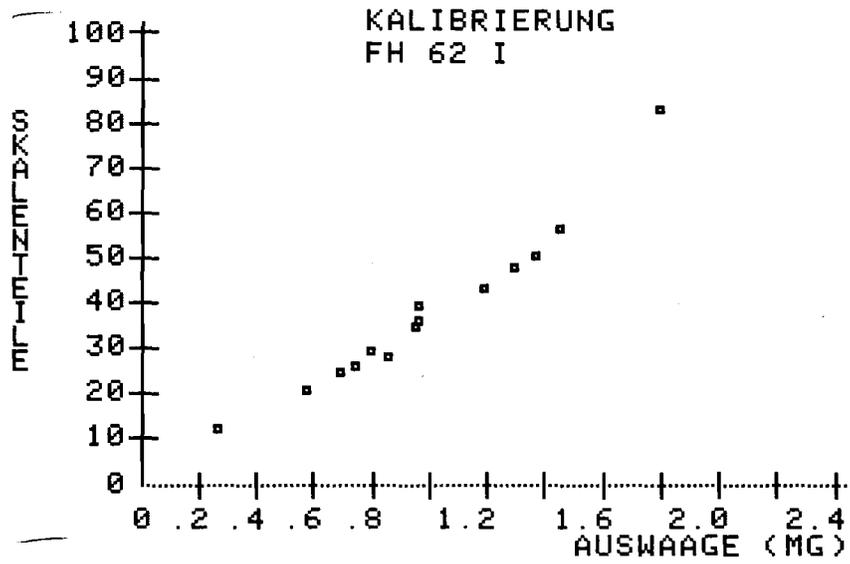


Abb. 3.1.1.-1: Beispiel einer Kalibrierung FH 62 I

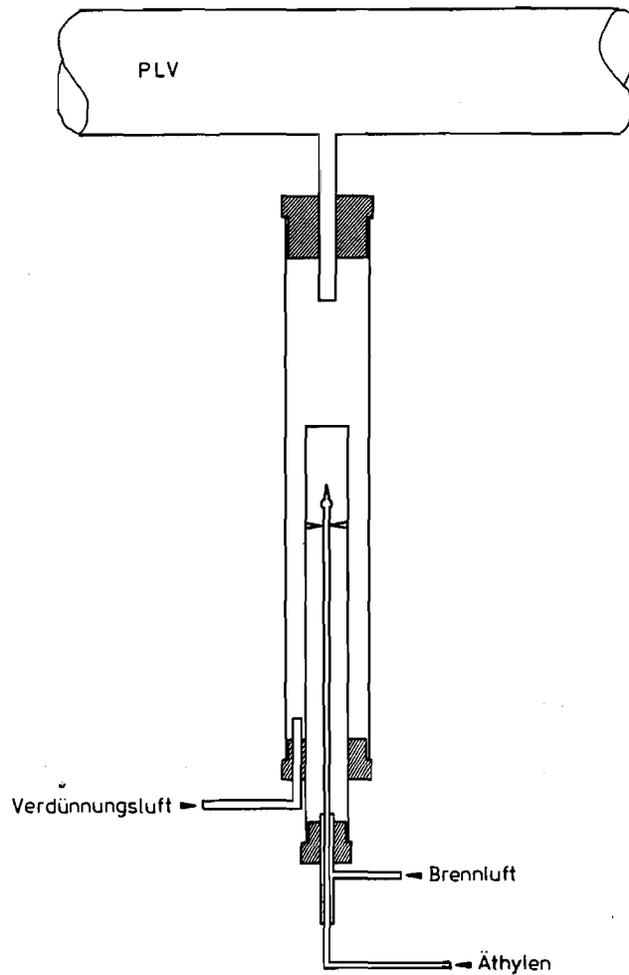


Abb. 3.1.2.-1: Ethenruß-Prüfaerosolgenerator

PLV = Probeluftverteileranlage

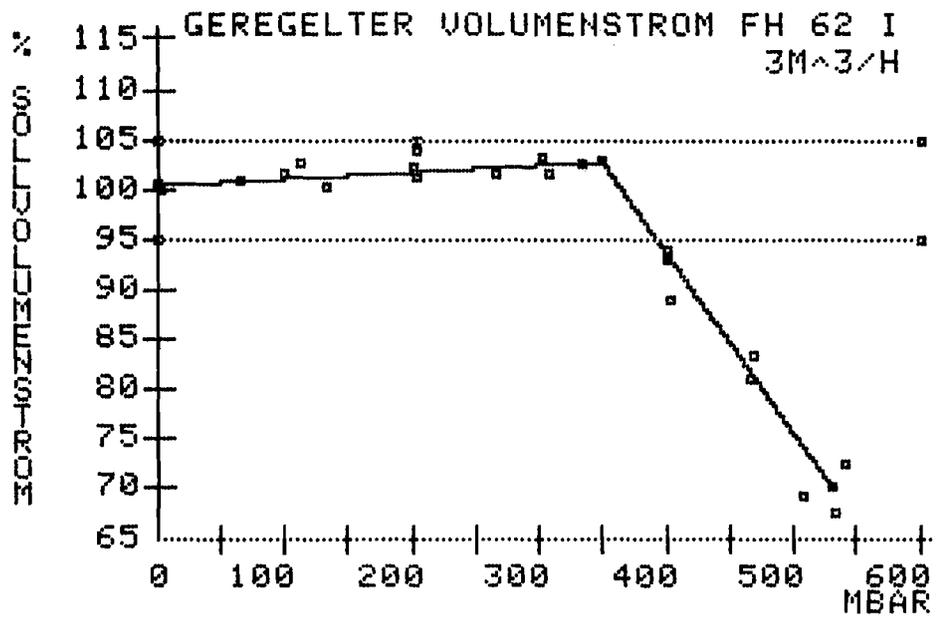


Abb. 3.1.2.-2: Kennlinie der Volumenstromregelung FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h

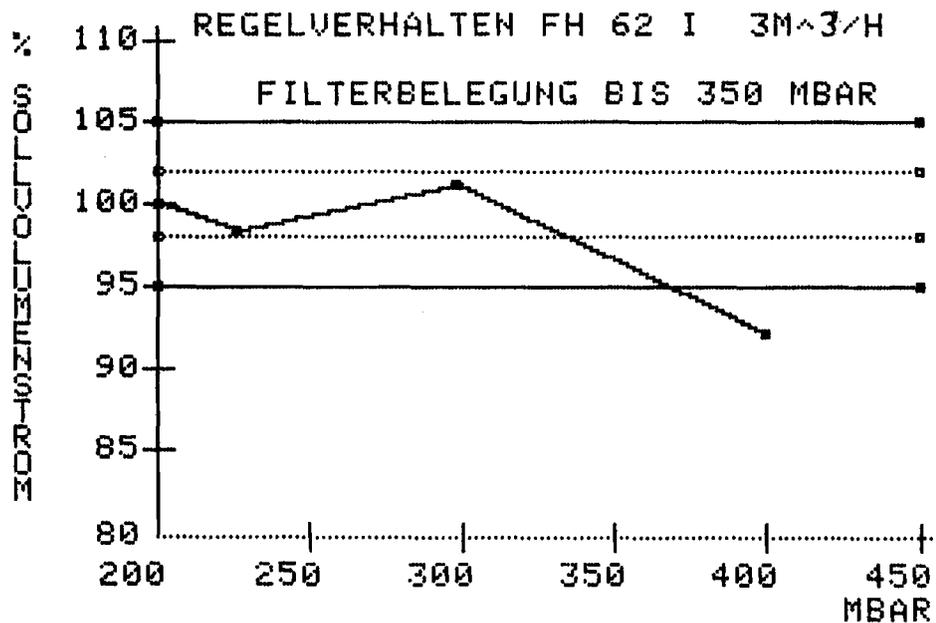


Abb. 3.1.2.-3: Regelverhalten FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h

Die Volumenstromkontrolle löst einen Filterwechsel bei einer Filterbelegung aus, die einen Unterdruck von 350 mbar verursacht.

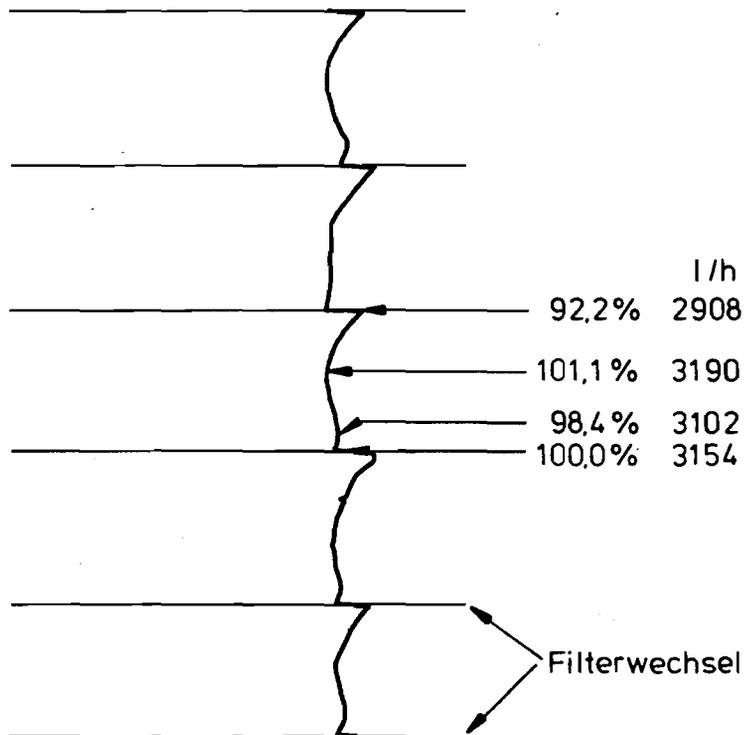


Abb. 3.1.2.-4: Ausschnitt aus einem Registrierstreifen der Volumenstromkontrolle mit dem Oxymat 2

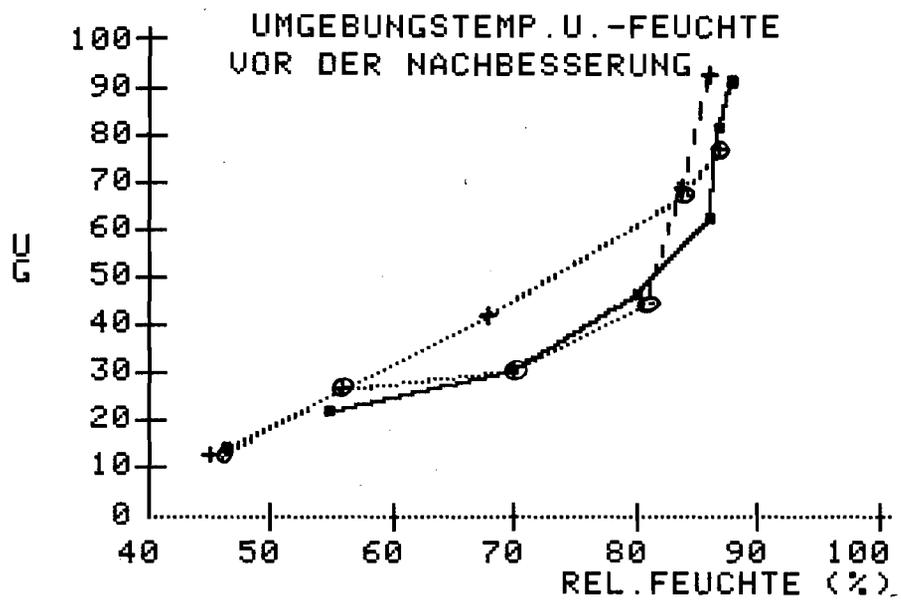


Abb. 3.7.-1: Umgebungstemperatur und -feuchte vor der Nachbesserung

+ und o = unbestaubtes Filter

■ = mit Staub beladener Filter

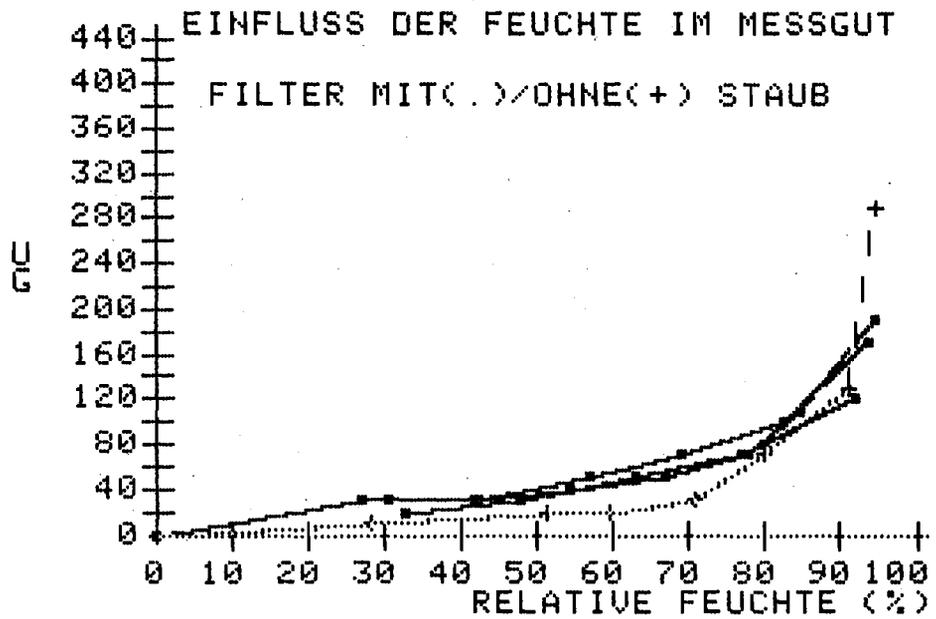


Abb. 3.8.-1: Einfluß der Feuchte im Meßgut, Filter mit (.) / ohne (+) Staub

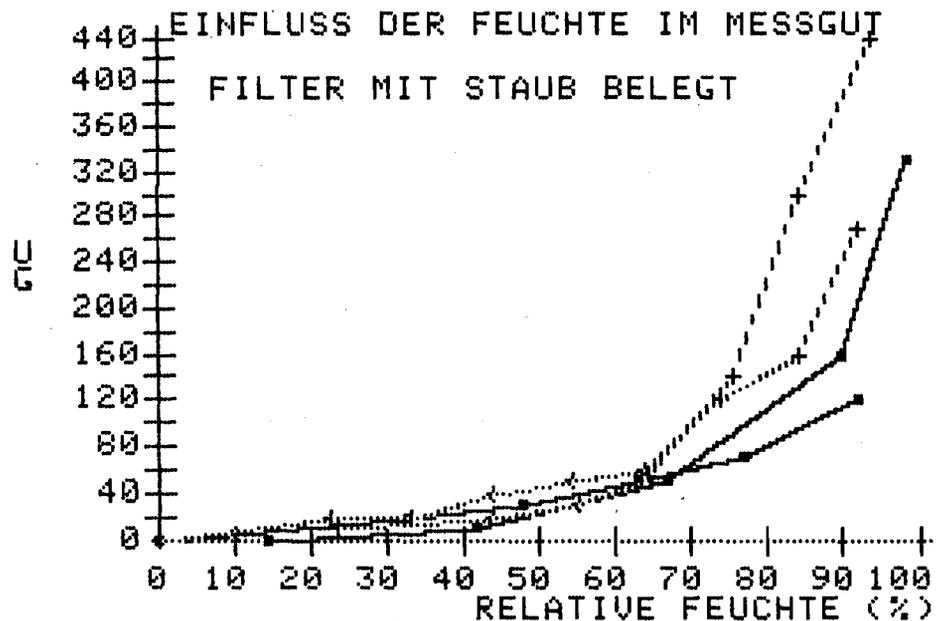


Abb. 3.8.-2: Einfluß der Feuchte im Meßgut, Filter mit Staub belegt

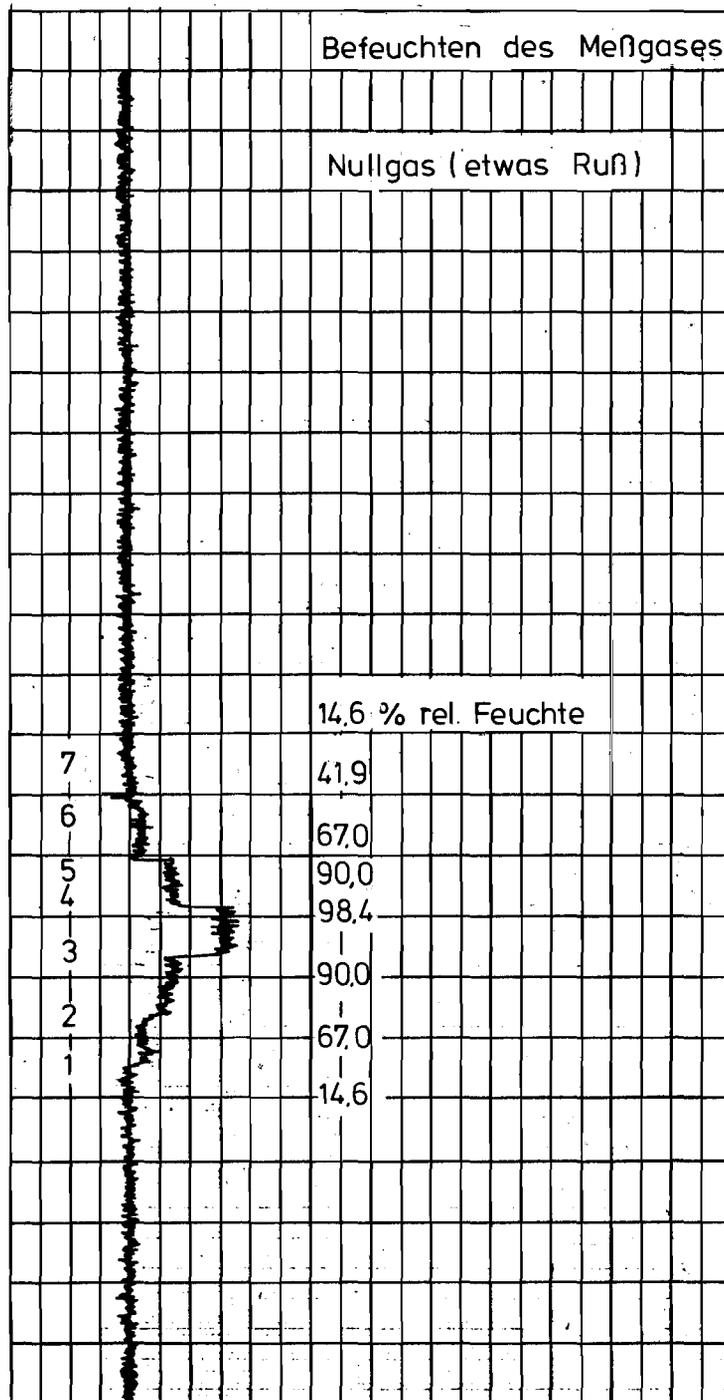


Abb. 3.8.-3: Ablichtung des Registrierstreifens zu Tabelle 3.8.-5, Einfluß der Meßgutfeuchte auf die Meßwertanzeige bei geringer Rußbelegung auf dem Filter

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6  
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:  
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:  
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:  
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:  
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:  
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:  
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:  
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:  
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:  
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:  
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANN, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:  
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:  
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen  
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:  
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:  
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:  
(vergriffen) Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:  
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:  
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:  
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr. Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen (1984).
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:  
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:  
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:  
(vergriffen) Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:  
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:  
Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet  
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:  
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.  
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-  
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der  
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:  
(vergriffen) Untersuchungen zu Schießlärminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und J.  
KROCHMANN:  
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der  
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:  
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:  
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).  
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von  
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADETSKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖT'EL und H.-K. LICHTENTHALER:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationspektrometers Cospec V zur  
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von  
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH  
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITTGERBER, H.:  
Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener  
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in  
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:  
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells  
(K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)

- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:  
Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen  
(1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:  
Erschütterungseinwirkung durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch  
Direktabfederung.  
(1986)
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am  
8. und 9.10.1986 in der LIS, Essen.  
(1986).
- Berichte-Nr. 67: ASSMANN, J.:  
Hinweise zur Prognose von Geräuschemissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren  
nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.  
(1986).